
VITT. EMANUELE III





TRAITÉ D'HYDROSTATIQUE,

OU

DE L'ÉQUILIBRE DES LIQUIDES;

TRADUIT DE L'ANGLAIS,

PAR N. BOQUILLON.

AVEC DEUX PLANCHES GRAVÉES.

TROISIÈME ÉDITION.



PARIS,
AUDOT, ÉDITEUR,
RUE DES MAÇONS-SORBONNE, N° 11.
1828.

ENCYCLOPÉDIE
POPULAIRE,

OU

LES SCIENCES, LES ARTS
ET LES MÉTIERS,

MIS A LA PORTÉE DE TOUTES LES CLASSES;

SUITE DE TRAITÉS,

Publiés à Londres

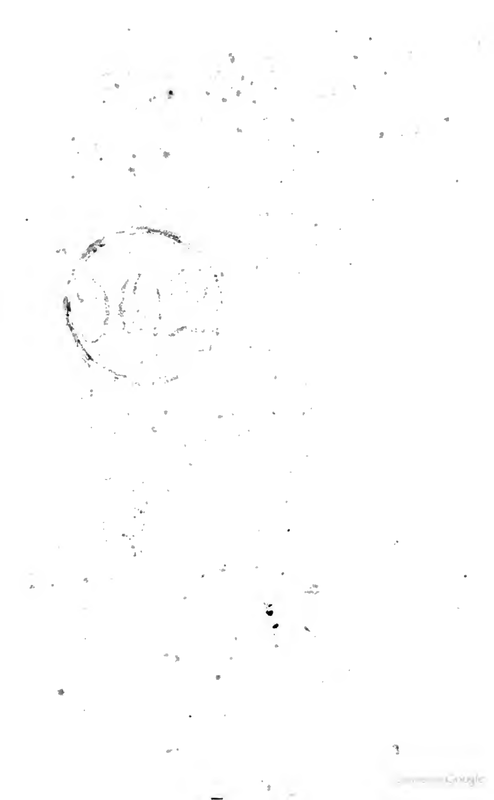
SOUS LES AUSPICES DE LA SOCIÉTÉ POUR LA PROPAGATION DES CONNAISSANCES UTILES;

TRADUITS DE L'ANGLAIS,

Et formant une Collection complétée par des ouvrages français.

> La connaissance des principes scientifiques rend l'homme plus habile, plus adroit, plus sûr des moyens de gagner sa vie, et lui procure des jouissances dont l'ignorant ne peut même se faire une idée.

PARIS,
IMPRIMERIE DE A. HENRY,
RUE GÎT-LE-COEUR, N° 8.



TRAITÉ

D'HYDROSTATIQUE,

OU DE

L'ÉQUILIBRE DES LIQUIDES.

CHAPITRE PREMIER.

DÉFINITIONS. — NATURE DES FLUIDES.

L'*Hydrostatique* est la science qui traite de la pression de l'eau et des fluides liquides ; l'*Hydraulique* s'occupe de leurs mouvemens, et la *Pneumatique* a pour objet la pression ainsi que les mouvemens de l'air, et d'autres fluides légers et élastiques de même espèce. Ces mots sont ti-

rés de la langue grecque qui, se prêtant facilement à la combinaison des mots entre eux, et pouvant exprimer aussi bien l'union que la divergeance des idées, a fourni la plupart des termes scientifiques. Ainsi l'*hydrostatique* vient de deux mots qui signifient le *repos* ou l'*équilibre de l'eau*; l'*hydraulique* de deux autres mots qui signifient *eau* et *tuyau*, et qui rappellent un ancien instrument de musique dont les sons étaient formés par le mouvement de l'eau dans des tuyaux; enfin la *pneumatique* a pris son nom d'un autre mot grec qui signifie *souffle* ou *air*. Ces trois branches de la science sont intimement liées l'une à l'autre; et l'on donne aussi, à l'*hydrostatique* et à l'*hydraulique*, considérées comme une seule science, le nom d'*hydrodynamique*, de deux autres mots grecs qui signifient *eau* et *puissance* ou *force*.

La division des fluides, en fluides liquides ou aqueux, et en fluides aériformes (c'est-à-dire semblables à l'air) ou gaz, est bien préférable à l'ancienne distinction en fluides élastiques et non élastiques : car, bien que les fluides aériformes soient beaucoup plus élastiques que les liquides ceux-ci ne sont pas entièrement dépourvus

d'élasticité. A la vérité, on le croyait autrefois, et l'on supposait même qu'ils ne pouvaient être comprimés, c'est-à-dire que la pression, quelque forte qu'elle fût, ne pouvait en diminuer le volume. Une société savante de Toscane (l'*Académie del Cimento* à Florence) avait fait une expérience qui fut long-tems considérée comme la preuve de la non-compressibilité des liquides. On remplit d'eau un globe creux d'or battu, et, le plaçant sous une presse, on chercha à l'aplatir en y employant une force considérable. Mais l'eau ne tarda pas à suinter à travers les pores du métal, et à se former en gouttelettes à sa surface. Cette expérience prouvait bien que l'eau n'était pas facilement compressible; mais elle ne concluait pas nécessairement qu'aucune force ne pût la comprimer. De nos jours M. Canton a démontré que les liquides jouissent, mais très-faiblement, de cette propriété, et que, par conséquent, ils sont élastiques. Il prit note de la hauteur à laquelle l'eau montait dans un tube de verre ouvert par le haut, et plaçant ce tube sous le récipient d'une machine pneumatique, il enleva l'air de ce récipient. Il remarqua alors que l'eau s'était élevée dans le tube,

d'où il conclut que la pression de l'air avait comprimé l'eau avant qu'elle fût dans le vide, et l'avait forcée à occuper moins d'espace. Il trouva que la pression de l'atmosphère comprime l'eau de pluie ou l'eau distillée de $^{1}/_{22000}$ de son volume, ou diminue ce volume d'une partie sur 22000; celui de l'huile d'olive est comprimé de $^{1}/_{21000}$, l'esprit de vin de $^{1}/_{15000}$, et le mercure de $^{1}/_{33000}$.

Les dernières expériences de M. Perkins semblent annoncer que l'eau est plus compressible que les observations antérieures ne l'avaient indiqué. On a toujours remarqué que lorsqu'une bouteille, remplie d'eau et bien bouchée, était descendue à une grande profondeur dans la mer, l'eau acquérait une saveur salée, comme si le bouchon avait été enfoncé dans la bouteille lorsqu'il était sous l'eau. En conséquence, il construisit un appareil pour s'assurer rigoureusement de la quantité dont le bouchon serait enfoncé. Il fit un cylindre de cuivre creux, d'où l'eau ne pouvait s'échapper, et dans lequel entrait une verge de cuivre qui passait à travers un trou, dont le diamètre était si exactement rempli par la verge que l'air ni l'eau ne pouvaient s'y

faire jour. Autour de cette verge était un anneau à ressort qui restait fixé à tous les points où on le plaçait; il vissa par dessus le tout un couvercle percé de trous pour protéger la verge, sans empêcher l'eau de la mer de s'y introduire. Il remplit le cylindre d'eau, et le plongeant à 5000 brasses dans la mer, il remarqua que l'anneau, lorsque l'appareil fut remonté, avait glissé de 7 pouces et demi (203 mill.) vers le haut de la verge, ce qui indiquait que celle-ci s'était enfoncée de 7 pouces et demi dans le cylindre. La pression exercée sur la verge était d'environ 12,000 livres (5,874 kil.), et la surface de l'extrémité de cette verge était d'un neuvième de celle de l'eau dans le cylindre qui avait 22 pouces 7 lignes (609 mill.) de long. L'eau avait donc été comprimée de $^1/_{27}$ de son volume.

Que les liquides aient une certaine élasticité, c'est ce que prouvent pleinement l'expérience journalière et les faits les plus simples; et ce qui étonne, c'est que le contraire ait été affirmé sur la foi d'une seule expérience qui n'était rien moins que concluante. Le jeu des ricochets dont les enfans s'amusent, prouve jusqu'à l'évidence l'élasticité de l'eau: on

sait qu'en lançant une pierre plate presque horizontalement sur la surface de l'eau, elle rebondit, retombe, se relève encore pour retomber de nouveau, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la force de projection soit détruite par les chocs répétés de la pierre contre l'eau. La balle d'un fusil, tirée de la même manière, produit le même effet. Lorsqu'on jette de l'eau dans un bassin vide, elle s'éparpille et s'élance même au-dehors; mais lorsque le bassin commence à se remplir, cet effet diminue, parce que la surface de l'eau a beaucoup moins d'élasticité que celle du bassin lui-même. Si cette surface était de verre, l'eau rejaillirait avec plus de force parce que le verre est le corps le plus élastique que l'on connaisse; mais un morceau de suif, de beurre ou d'autres substances non élastiques ne rebondirait pas même sur du verre.

CHAPITRE II.

PRINCIPE FONDAMENTAI DE L'ÉQUILIBRE DE PRESSION.

Toutes les molécules des liquides pressent également dans toutes les directions et sont également pressées. Chaque molécule presse les autres et en est pressée à son tour dans la même proportion ; elle presse aussi les corps solides et en reçoit la même pression. En d'autres termes, *les liquides exercent leur pesanteur en tous sens : non-seulement ils pèsent, comme le font les autres corps, de haut en bas, mais encore ils pressent, de tout leur poids, les obstacles qu'ils rencontrent latéralement et de bas en haut.* De ce principe, combiné avec celui de la pesanteur, il résulte

que, *lorsqu'un liquide est abandonné à lui-même, toutes ses molécules s'élèvent ou s'abaissent pour se mettre de niveau.* Par exemple, si nous mettons de l'eau dans un tube courbé, qui ait la forme d'un U, l'eau s'élèvera à la même hauteur dans les deux branches, lors même que l'une d'elles serait beaucoup plus étroite que l'autre. En effet, supposons que nous ayons percé le fond d'une bouteille et celui d'une fiole, et que nous les plongions toutes deux dans un vase plein d'eau, le liquide s'élèvera dans la bouteille et dans la fiole à la même hauteur que le niveau du vase. Joignons ensuite la bouteille et la fiole par un tuyau qui s'adapte aux deux trous que nous y aurons percés, de manière à former une communication entre ces deux vaisseaux; si le tuyau y est bien adapté, et que l'eau ne puisse s'écouler par les joints, on pourra enlever la bouteille et la fiole ainsi réunies sans que le niveau de l'eau qu'elles contiennent vienne à changer. De même si, au lieu de les emplir par dessous, comme nous l'avons fait précédemment, nous versons de l'eau dans le goulot de l'une d'elles, le liquide montera à la même hauteur dans toutes les deux. En-

fin, pour règle générale, nous dirons que, *quelle que soit la forme ou la capacité de plusieurs vases communiquant ensemble par le bas, un liquide qu'on introduira dans l'un d'eux, s'élèvera à la même hauteur dans tous les autres.* Ainsi, *pl.* Ire, *fig.* 1re, soit un petit tube droit A R, un tube plus grand C D E F, un autre incliné H G, un quatrième courbé I L K, et enfin un vase très-large M N O, tous communiquant avec le réservoir Q K O P, et, par son moyen, l'un avec l'autre, si l'on verse de l'eau dans l'un d'eux en quantité suffisante, elle s'élèvera dans tous à la même hauteur, comme l'indique la ligne de niveau R S T U V N.

Des considérations qui précèdent, se déduisent deux conséquences importantes, prouvées en même tems par le raisonnement et par d'innombrables faits d'une observation journalière. La première, c'est que l'*eau, lorsqu'elle n'est pas contenue, ne peut jamais s'élever jusqu'à son niveau, tandis que, lorsqu'elle est renfermée dans des tuyaux ou des canaux fermés, elle peut s'élever à la même hauteur que la source ou le réservoir d'où on la prend.* C'est de ce

principe que découlent tous les procédés pour conduire l'eau d'un lieu à un autre, plus facilement, plus économiquement et plus sûrement qu'au moyen de ces vastes constructions, nommées *aquéducs*, que les anciens employaient comme des rivières artificielles, portées sur des arches de plusieurs lieues de longueur. Il est évident que ces aquéducs devaient aller en pente dans toute leur étendue, et que, par conséquent, l'eau n'était pas à la même hauteur, lorsqu'elle arrivait à sa destination, qu'à la source où elle était prise. La seconde conséquence n'est pas moins vraie, et paraîtrait incroyable, si l'on ne connaissait le raisonnement qui y conduit. C'est que *la pression de l'eau sur un corps quelconque contre lequel elle frappe, sur le vaisseau qui la contient, ou tout autre espace dans lequel elle est en équilibre, n'est pas en proportion de la masse totale du liquide, mais seulement de la surface qu'elle presse, et de sa hauteur au-dessus de cette surface.* C'est-à-dire que, si on remplit d'eau plusieurs vases de même hauteur, et dont les fonds soient égaux en surface, tous ces fonds seront également chargés

quelles que soient la forme et la capacité de ces vases. De plus, *la pression latérale*, dans chacun d'eux, *est pour chaque point proportionnelle à la distance de ce point au niveau du liquide dans le vase.*

Supposons, par exemple, que, dans le vase représenté par la *fig.* 2, *planche* I[re], et rempli d'eau jusqu'au niveau A E B, on intercepte la communication entre les deux branches en F, on pourra, en continuant d'y verser de l'eau, élever le niveau de la grosse branche jusqu'en G H, tandis qu'il restera en B dans la petite branche.

Enlevons la cloison F, l'eau descendra un peu dans la branche G A H E, et s'élèvera jusqu'en I dans la petite branche, pour s'établir de niveau dans toutes deux. De même si, pendant que la cloison est placée, on augmente l'eau dans la petite branche jusqu'en I, lorsque la communication cessera d'être interceptée, l'eau descendra beaucoup plus dans la petite branche qu'elle ne l'avait fait dans la grosse pendant la première expérience, et elle se mettra encore de niveau; de sorte que la petite quantité d'eau I B balance la grande masse G A E H, parce

qne toutes deux pressent sur le même espace en F, et qu'elles ont la même hauteur.

En effet, que les deux quantités d'eau I D F et G A F pressent l'une sur l'autre ou sur une surface quelconque placée entre elles, en F ou ailleurs, il n'y a aucune différence dans leurs pressions qui produisent l'équilibre, parce qu'elles sont égales. L'exemple suivant éclaircira encore mieux ce fait : soit A G, *fig.* 3, *planche* Ire, une citerne avec un trou dans le fond en E F, et un tuyau I E F ajusté sur le trou. Si la citerne est vide et le tuyau plein d'eau, le fond du trou E F éprouvera une pression égale à celle que produirait sur lui la citerne pleine d'eau et le tuyau enlevé, quoique, dans le premier cas, il puisse n'y avoir que quelques livres d'eau dans le tuyau, et que, dans le second, la citerne en contienne plusieurs tonneaux pour arriver à la même hauteur.

De tout ce qui vient d'être dit, nous pouvons déduire la règle générale pour évaluer la pression des liquides ; elle consiste à *multiplier la hauteur du liquide par la surface sur laquelle il est placé. Le produit de cette multiplication*

donne le poids de la pression exercée sur la surface, quelles que soient d'ailleurs les dimensions du tube qui donne l'indication de la hauteur. Ainsi, par exemple, soit A B, *fig.* 4, *planche* Ire, un tube de 20 pieds (6 m. 497 millim.) de hauteur d'un demi-pouce (14 millim.) de diamètre, et rempli d'eau, communiquant avec l'intérieur du plateau B C, également rempli d'eau, et n'ayant qu'un demi-pouce de hauteur, quelques livres d'eau suffiront pour remplir le tout, et cependant la pression exercée en tous sens dans le plateau B C aura la même énergie que celle d'une masse d'eau A B C D, qui aurait les dimensions du plateau sur 20 pieds de hauteur.

On peut démontrer l'égale pression des liquides dans toutes les directions par un grand nombre d'expériences très-simples. Si nous plaçons un poids d'une livre ou deux sur un morceau de verre très-mince, le poids passera au travers en le brisant, parce que la pression s'exerce tout entière par-dessus; mais, si le morceau de verre est placé sur une surface plane et résistante, le poids ne le brisera pas, si on l'y pose doucement,

parce que la pression est égale au-dessous comme au-dessus.

Si le fond d'un vase était également d'un verre très-mince, le poids de l'eau pourrait le briser; mais, si un plateau de verre mince était descendu dans un puits, si profondément que ce soit dans l'eau, comme le liquide le presserait de toutes parts, il n'arriverait aucune rupture. Supposons que le plateau de verre ait 4 pieds (42 décim. 25 centim.) carrés, et qu'il soit descendu à 16 pieds (5 m. 198 millim.) sous l'eau, fût-il aussi mince qu'une coquille d'œuf ou que le plus fin papier, quelque fragile qu'il soit enfin, il supportera, sur ses deux faces, un poids de 8,640 livres (4,320 kil.) sans se briser; il en serait de même si le puits était rempli de mercure, quoiqu'il eût alors à supporter un poids treize fois et demie plus considérable. Cet effet ne peut résulter que de l'égalité de pression en tous sens; de sorte que, *quel que soit le poids de l'eau, ou la force qui tendrait à la comprimer, un corps qui y serait plongé n'éprouverait pas la moindre altération, fût-il aussi fragile qu'une toile d'araignée.*

C'est ce qu'on a démontré par l'expérience suivante : on plaça un œuf et une boule de cire très-mince dans une vessie remplie d'eau; la vessie fut mise dans une boîte dont elle touchait partout les parois, et dont elle dépassait les bords. On appliqua ensuite par-dessus une plaque de cuivre, surchargée d'un poids de plus de mille livres. L'œuf et la boule de cire résistèrent à cette pression, sans être déformés ou brisés, parce qu'ils étaient également pressés.

CHAPITRE III.

CONSÉQUENCES DU PRINCIPE. — PARADOXE HYDROSTATIQUE. — NIVELLEMENT.

C'est une conséquence, ou plutôt un autre exemple du même principe que, si on pèse dans une balance un vase plein d'eau, et si on y plonge un morceau de bois ou de toute autre matière qui fasse déborder presque toute l'eau, sans cependant toucher les côtés ou le fond du vase, celui-ci continuera de peser le même poids, quelle que soit la pesanteur du corps plongé dans l'eau; car l'effet sera le même si l'on y plonge un corps creux, mais impénétrable à l'eau, comme une vessie remplie d'air. On peut faire cette expérience très-aisément en pesant un verre rempli d'eau, et en y

plongeant un autre verre plus petit qui pourra déplacer presque toute l'eau, sans que le poids total change.

Voici un autre moyen de constater cette propriété des liquides : nous avons vu comment le déplacement d'une portion quelconque d'un liquide par un corps solide d'un poids plus ou moins considérable ne produirait aucune différence sur la pesanteur du liquide, pourvu qu'il s'élevât toujours à la même hauteur, et comment on augmentait cette pesanteur, en augmentant la hauteur du même liquide. *Si donc le liquide est forcé, par une pression de bas en haut, à s'élever dans un tube d'un petit diamètre, la pression sera augmentée, bien qu'aucun corps solide ou liquide n'y ait été ajouté.* Le cylindre *e f*, *pl.* Ire, *fig.* 5, est surmonté d'un tube dans lequel se trouve une tige C D attachée à un piston D du diamètre exact du cylindre, et pouvant se mouvoir soit en haut, soit en bas, sans laisser échapper le liquide au-dessous de lui. Lorsque le piston est descendu jusqu'au bas du cylindre en *h i*, on remplit celui-ci d'eau jusqu'en *e f* seulement, de manière qu'elle ne s'élève pas dans le tube; alors on attache

la tige C D à l'un des bras d'une balance, et l'on met dans l'autre plateau A des poids pour faire équilibre. Si l'on fait alors monter le piston, l'eau s'élèvera dans le tube, par exemple, jusqu'en *g*. La pression sur le piston sera alors beaucoup plus grande qu'auparavant et en proportion de la hauteur à laquelle l'eau s'élèvera dans le tube; c'est-à-dire que, dans ce cas, si la hauteur D *g* est double de la hauteur primitive *h e*, la pression sur le piston sera aussi doublée; et il faudra, pour obtenir l'équilibre, doubler aussi les poids dans le plateau. Si, par exemple, le cylindre *e f h i* contient 1 pied cube (34 décim. 377 cent. cubes) d'eau, qui pèse environ 70 livres (35 kil.), et que l'élévation du piston donne 2 pieds à la hauteur D *g*, la pression sur le piston sera augmentée de 70 livres, c'est-à-dire, du double du poids primitif de l'eau. Il n'est pas inutile de faire observer que le cylindre *e f h i* doit être fixé sur la table pour qu'il ne soit pas entraîné avec le piston pendant l'expérience.

Ce principe, d'après les conséquences extraordinaires qu'on en tire, a pris le nom de *paradoxe hydrostatique*, de

deux mots grecs qui indiquent qu'une chose, quoique vraie, est cependant contre la vraisemblance ou l'opinion reçue. Quand on apprend que la plus petite quantité d'eau possible peut, dans certain cas, faire équilibre avec une quantité énorme de ce liquide, on est invinciblement frappé de l'impossibilité apparente de ce résultat. Mais, lorsque nous examinons avec soin ce principe, nous en reconnaissons la vérité; car le cylindre du petit tube, dans les figures précédentes, peut être aussi étroit qu'on voudra, tandis que l'autre peut avoir une aussi grande capacité qu'on pourra le désirer, et le résultat sera toujours en proportion de la hauteur dans le petit tube, et de la surface du grand.

Puisque ce résultat ne dépend que de la surface et de la hauteur, et pas du tout de la masse du liquide, nous concevrons quel effet terrible peut produire une petite quantité d'eau. Supposons, par exemple, qu'il se soit formé, dans une construction, un vide horizontal de quelques pieds de surface et d'une ou deux lignes de hauteur; si cette crevasse se remplit d'eau, et qu'ensuite le liquide s'élève dans une autre fente perpendi-

culaire, soit par la pluie, soit par toute autre cause, la muraille pourra s'écrouler aussi aisément que si elle avait été minée par de la poudre à canon; c'est une expérience qu'on peut faire facilement en fixant un tuyau long et étroit sur la bonde d'un tonneau plein d'eau. Si l'on remplit ensuite le tuyau, quelque solide que soit le tonneau, il éclatera avec la plus grande violence.

Il est bon d'observer que le tuyau n'a pas besoin d'être rigoureusement droit, ni d'un calibre égal dans toute sa longueur; il peut être renflé à certains endroits, courbé, ou incliné dans d'autres, et le résultat est toujours le même, avec cette différence qu'il n'est pas proportionnel à la longueur du tuyau, mais seulement à la hauteur perpendiculaire du liquide au-dessus de la surface pressée. Quelques-unes des convulsions de la nature sont les conséquences du même principe. Il peut produire des tremblemens de terre, fendre ou même faire écrouler des montagnes. Supposons, par exemple, que, dans le sein d'une montagne, se trouve un vide horizontal de 30 ou 40 pieds carrés, sur quelques pouces, ou moins de hauteur, et que les

pluies ou d'autres causes produisent une fente qui, du haut de la montagne, descende jusque dans l'espace vide, et ait une longueur de plusieurs centaines de pieds; lorsque l'eau aura rempli la cavité, et qu'elle s'élèvera dans la fente, la montagne pourra être brisée en éclats, si elle a résisté quelque tems aux premiers efforts de l'eau qui, s'élevant de plus en plus dans la fente, acquerra une incroyable énergie; et, cependant, une tonne ou deux d'eau auront produit cet effet terrible.

La même chose arriverait, si une sonde enfoncée profondément atteignait un réservoir d'eau souterraine, et que la pluie vînt à remplir le trou; une contrée entière pourrait se trouver bouleversée si le réservoir avait, comme on le voit souvent, plusieurs lieues d'étendue, lors même qu'il n'aurait qu'un pouce de profondeur. Toutefois, cette force prodigieuse peut être employée, non-seulement sans danger, mais même avec d'immenses avantages. C'est un agent que la nature emploie probablement dans beaucoup de circonstances, mais qui n'a point encore été suffisamment examiné par les investigateurs de

ses secrets. Les arts et l'industrie en tirent un grand parti; le mineur l'emploie avec un succès remarquable, et, établie sur une petite échelle comme puissance mécanique, elle peut recevoir des applications nombreuses et trop peu cherchées jusqu'à présent.

Un tube de quelques pieds de long, placé sur une mince cavité de plusieurs pieds carrés, peut produire une force considérable au moyen de l'eau; mais, si ce liquide était remplacé par du mercure, cette même force acquerrait une énergie près de quatorze fois plus grande; et cependant une pareille puissance serait due à quelques livres de mercure renfermées dans un espace borné, et dans un tuyau de la grosseur d'une plume.

L'instrument, ou plutôt le joujou appelé *soufflet hydrostatique*, est construit sur le même principe. Comme le soufflet à vent, il consiste en deux ais superposés, réunis tout autour par un cuir qui ne laisse pas échapper le liquide. On conçoit que c'est là que se borne sa ressemblance avec le soufflet ordinaire. A la place de la soupape est ajusté un tuyau de quelques pieds de hauteur, par lequel

on introduit l'eau entre les deux ais qui sont ainsi soulevés avec une force proportionnelle à la hauteur de l'eau dans le tube. Un homme placé sur l'ais supérieur peut s'élever ou s'abaisser à volonté en soufflant dans le tube, parce que l'air comprimé, forçant l'eau à descendre, produit, sur les ais, le même effet que si l'eau s'élevait plus haut dans le tube dont on peut boucher l'orifice avec le doigt, pour se maintenir à la hauteur qu'on a obtenue.

Ferguson, savant anglais, qui, de l'humble condition de berger s'éleva au rang des plus grands philosophes de son siècle, et qui publia, sur les sciences, des ouvrages importans, bien qu'il n'eût jamais appris à lire, à écrire et à compter que pendant trois mois, Ferguson, disons-nous, est l'inventeur d'un appareil extrêmement ingénieux, basé encore sur le même principe. Il consiste en un tube perpendiculaire adapté au col d'une vessie placée elle-même sous un ais mobile et dans une boîte : l'eau introduite dans le tuyau, remplit la vessie et soulève l'ais qui peut être chargé de poids assez considérables. Cette puissance est susceptible d'applications

très-variées et très-étendues. L'une des plus importantes est celle de la *presse hydraulique*, inventée par Bramah, et dont la force est presque incalculable. En voici la construction : EF, *planche* Ire, *fig.* 6, est une forte traverse, fixées sur deux autres pièces de fer B et C solidement attachées sur le sol ou sur une table A D ; G H est un ais mobile glissant dans des rainures pratiquées sur les montans B et C, et adapté au piston P O, qui se meut dans le cylindre *r s t u* avec assez de frottement pour intercepter tout passage à l'air ou à l'eau. Le fond du cylindre communique avec le tube *u y*, dont le diamètre est très-petit. Enfin *k* est le levier d'une pompe foulante *x z*, dont le piston force l'eau qui s'y trouve à passer sous le piston P O. Alors la pression en O, est à la pression sur l'eau en *x z*, par le moyen du piston *m*, comme la surface inférieure du piston P O est à la surface inférieure du piston *m*, ou comme le diamètre du cylindre *r s t u* est au diamètre du tube dans *x m* : car, quelle que soit la force appliquée en *x* elle se communique à l'eau renfermée dans le tube *y*. C'est dont comme si nous avions à déter-

miner la pression de l'eau élevée à la même hauteur, sur des surfaces différentes; et ce n'est, par conséquent, que des surfaces que nous avons à nous occuper. Si donc le tube *x z* a un quart de pouce carré (183 mill. 196 carrés) et le cylindre *r s t u* un pied (10 déc. 5521 carrés), la pression de l'eau sous le piston O P sera à la pression du piston *m* sur l'eau en *x*, comme un pied carré au quart d'un pouce carré, c'est-à-dire, comme 144 pouces carrés (ce qui est la même chose qu'un pied carré), sont au quart d'un pouce carré, ou comme 576 est à 1.

Donc, si, au moyen du piston *m*, on produit sur l'eau une pression de 2000 livres (1000 kil.), et on peut le faire facilement en donnant au levier *k* une longueur suffisante, le piston O P sera soulevé par une force de 1,052,000 liv. (526000 kil.), qui pourra agir sur tout ce qu'on aura placé entre la traverse F E et le plateau H G. Il est évident que cette force peut être accrue indéfiniment en augmentant la disproportion entre le diamètre du tube *x z* et celui du cylindre *r s t u*, et qu'elle n'a de bornes que celles que lui oppose la fragilité des

4

matières employées à contenir l'eau. Mais une presse hydraulique destinée seulement à opérer une pression de 12 à 15000 livres (6 à 7000 kil.), est d'une construction aussi facile que sûre dans l'application.

La tendance qu'ont toutes les molécules d'un liquide à prendre une surface horizontale, a donné l'idée du *niveau*, instrument qui a pour objet de faire connaître si une surface quelconque est de niveau, si un point est sur la même ligne horizontale qu'un autre point donné, ou de combien un point est au-dessus ou au-dessous d'un autre point, A B, *planche* Ire, *figure* 7, est un tube dont les deux extrémités sont recourbées et ouvertes. On le remplit d'eau ou de mercure, et l'on place, sur le liquide, deux petits flotteurs qui supportent chacun un petit carré à jour, *c d* traversé par un fil ou un cheveu. Ces petits carrés, ou ces *pinules*, comme on les appelle, ont toujours leur fil ou leur cheveu sur la même ligne horizontale, quelle que soit l'inclination qu'on donne au tube, puisque le liquide est toujours à la même hauteur dans les deux branches. Si donc on regarde à travers les deux pi-

nules, les objets qu'on découvrira au loin, dans la même direction que les cheveux, seront aussi sur la même ligne horizontale. On emploie souvent cet instrument sans les deux flotteurs. Ses deux extrémités sont alors en verre, et la surface de l'eau, dans ses deux branches, sert de point de mire. Le *niveau à bulle d'air* est un tube rempli d'esprit de vin coloré, dans lequel on n'a laissé qu'un peu d'air, et qui est hermétiquement fermé. Lorsque ce tube est posé sur une surface horizontale, la bulle d'air se place d'elle-même au milieu; mais, s'il y a la moindre inclinaison, elle va occuper la partie la plus élevée du tube. A B, *planche* Ire, *figure* 8, est un niveau à bulle d'air. On est sûr qu'il est horizontal lorsque la bulle d'air C en occupe le milieu, et qu'un objet O qu'on apercevrait sur la direction des cheveux des pinules A B est sur la même ligne horizontale; une alidade, ou une règle mobile autour du point A, représentée par A F, a aussi deux pinules A G et glisse sur un quart de cercle D E divisé en 90 parties égales ou degrés. Lorsqu'on veut savoir de combien de degrés un objet P est au-dessous du niveau d'A B, ou d'un autre objet O, on fait tourner l'a-

lidacle A F jusqu'à ce qu'on aperçoive P dans la direction des cheveux des pinules A G. On compte alors le nombre de degrés parcourus sur le quart de cercle par l'alidacle A F. Si l'objet P est au-dessus du niveau A B, on fait mouvoir la branche A D qui supporte le quart de cercle, et on lui donne la même position qu'au niveau A B ; le quart de cercle est alors au-dessus, et l'on opère comme précédemment.

CHAPITRE IV.

DE LA PRESSION DES LIQUIDES SUR LES SURFACES OBLIQUES. — CENTRE DE PRESSION.

—

Nous n'avons traité jusqu'à présent que de la pression des liquides sur une surface horizontale, et il nous a été facile de calculer la force de cette pression ; nous n'avons eu qu'à multiplier la hauteur ou la profondeur du liquide par l'étendue de la surface sur laquelle il repose, et le produit nous a donné le poids que représenterait un volume du liquide qui aurait, dans toute sa hauteur, les mêmes dimensions qu'à sa base. Ainsi, si la surface est de 6 pieds carrés (63 déc. 312 mill. carrés), et la hauteur de 3 pieds (0 m. 975), la pression du liquide sur la surface sera égale à celle

de 18 pieds cubes (616 déc. 991 centim. cubes) du même liquide; si c'est de l'eau, dont le pied cube pèse environ 70 livres (35 kil.), la surface sera de 1260 livres (630 kil.)

Mais, *si la surface pressée n'est pas horizontale*, on doit se servir d'une autre règle : car *la pression est alors égale au poids d'une masse de liquide dont on connaîtra le volume en multipliant la hauteur du liquide depuis le niveau jusqu'au centre de gravité de la surface, par l'étendue de cette même surface* (1). Si A B, *planche* II, *figure* 9, est la surface du liquide, E F I la surface inclinée sur laquelle il presse, G le centre de gravité de cette surface, et

(1) On nomme centre de gravité un point qui, dans tous les corps, est tellement placé que, si le corps est suspendu par ce même point, ou supporté par un pivot, toutes les parties de ce corps sont en équilibre, et se tiennent en repos. Lorsque les corps sont homogènes, c'est-à-dire, formés de molécules de même nature, le centre de gravité est au centre même de la figure que forment les corps. Les principes qui servent à déterminer le centre de gravité d'un corps quelconque seront expliqués dans le *traité de Statique*.

Note du Traducteur.

G H la profondeur à laquelle ce centre de gravité est plongé dans le liquide, la pression sur la surface E F I sera égale au poids d'une colonne de liquide dont la base serait égale à E F I, et la hauteur G H. Maintenant si l'on enlève le corps E F I; et que A B C K soit un cube, c'est-à-dire que le fond et les côtés soient des carrés de même dimension, le centre de gravité, sur ces côtés, étant à la hauteur N, c'est-à-dire au milieu, on trouvera quelle est la pression sur les côtés en multipliant K C par N A; c'est-à-dire que *la pression sur les côtés est la moitié du poids du liquide, tandis que, sur le fond, cette pression est égale au poids de la totalité du liquide.*

De cette manière nous trouverons facilement la pression de l'eau sur une digue, soit perpendiculaire, soit inclinée. Nous n'avons qu'à prendre la moitié de la profondeur de l'eau et la multiplier par la surface de la digue. Supposons, par exemple, que la digue ait 12 pieds (3 m. 898 mill.) de longueur et l'eau 4 pieds (1 m. 299 mill.) de profondeur, la surface de la digue, si elle est perpendiculaire, aura 48 pieds carrés (5m. 6 déc. et demi carrés); son centre de gravité se

trouvant à la moitié de la profondeur de l'eau, elle supportera une pression de 96 pieds cubes (3 m. 289 déc. 917 cent. cubes) d'eau, ou d'environ 6720 livres (3360 kil.)

On peut connaître, par le même moyen, la pression d'un liquide sur les côtés intérieurs d'un cylindre, d'un puits, par exemple. Il suffit de multiplier la surface courbe baignée par le liquide, par la moitié de la profondeur de l'eau. Si cette profondeur est de 20 pieds (6 m. 497 mill.) et le diamètre du cylindre de 4 (1 m. 299 mill.), ce qui donne une surface d'environ 251 pieds carrés (26 m. 485 déc. carrés), qu'il faut multiplier par 10 (moitié de la profondeur de l'eau), le produit donnera une pression de 2510 pieds cubes (86 m. 36 d. cubes) d'eau, ou de 175,700 livres (87,850 kil.)

Il est utile, dans la pratique, de se rappeler que la pression de l'eau, à la profondeur de 32 pieds (10 m. 395 mill.) est d'environ 15 livres (7 kil. et demi) par pouce carré (7 cent. 3278 mill. carrés) sur la surface pressée, quelle qu'en soit la forme ou la dimension, et dans une proportion semblable

pour une profondeur moindre ou plus grande. La même règle peut servir à trouver quelle est la pression d'un liquide sur toute espèce de surfaces planes, courbes, perpendiculaires, inclinées ou horizontales. Cette pression sera toujours représentée par celle que produirait une masse de liquide d'un volume qu'on déterminerait en multipliant la surface pressée par la profondeur de son centre de gravité dans le liquide. Ainsi, si nous voulons connaître quelle est la pression de l'eau sur la digue d'un étang, nous prendrons la moitié de la profondeur perpendiculaire de l'eau que nous multiplierons par la longueur de la digue. Si la moitié de cette profondeur est de 6 pieds (1 m. 949 mill.) et si la digue en a 10 (3 m. 248 mill.) de longueur, la pression de l'eau sera de 60 pieds cubes (2056 d. 635), ou 4200 livres (2100 kil.). *Si l'on veut connaître la pression sur plusieurs surfaces à la fois, on n'aura qu'à additionner les pressions partielles, ou bien à déterminer le centre de gravité commun à toutes les surfaces dont on multipliera alors la profondeur sous le liquide par la somme de toutes les surfaces réunies.* Le *moyen*

de trouver la pression d'un liquide se réduit donc à la recherche du centre de gravité de la surface pression.

L'accroissement de pression, proportionnellement à la profondeur du liquide, prouve la nécessité d'augmenter la force des parois des tuyaux ou de la maçonnerie dans la même proportion; il en résulte aussi que ce serait une dépense inutile que de leur donner la même force en haut qu'en bas: car si elles ont assez d'épaisseur pour résister à la pression inférieure, elles en auront beaucoup trop pour la pression supérieure: la même remarque s'applique aux écluses, aux digues, etc., etc. Si le diamètre intérieur des tuyaux ou cylindres est le même dans toute la hauteur, on leur donnera à l'extérieur la forme conique; de même que, pour les écluses, les digues, etc., dont une des faces est perpendiculaire et l'autre inclinée du côté de la pression du liquide, la plus grande épaisseur est dans le fonds où la pression est le plus énergique. Quant aux proportions à donner aux diverses surfaces de la digue, le raisonnement mathématique a démontré que, pour obtenir le meilleur résultat, *il faut*

que le carré de l'épaisseur de la digue à sa base (c'est-à-dire cette épaisseur multipliée par elle-même) *soit au carré de la hauteur perpendiculaire, dans le même rapport qu'un pied cube d'eau serait au poids d'un pied cube de la matière dont la digue est construite.* Si, par exemple, on emploie la pierre commune, qui pèse à peu près deux fois autant que l'eau, la largeur de la digue, à sa base, devra être à sa hauteur à peu près dans le rapport de 3 à 4 3/4 (9 ou le carré de 3, étant à 22 9/16, carré de 4 3/4 à peu près comme 1 est à 2 1/2). Donc une digue qui aurait 4 pieds 9 pouces (1 m. 543 mill) de hauteur devra avoir 3 pieds (0 m. 975 mill.) d'épaisseur à sa base pour remplir les conditions requises.

On nomme centre de pression le point d'une surface pressée par un liquide, auquel on pourrait appliquer, dans une direction contraire, une force qui, étant égale à la pression, tiendrait la surface en équilibre. Si le liquide, dans la partie supérieure du vase A F G H O C D Q, *planche* II, *fig.* 10, presse contre la surface B C D E, qui partage le vase, il existe sur cette surface un point

P contre lequel une force, égale à la pression, étant appliquée dans la direction opposée P M, il arrivera que la cloison B C D E restera en équilibre, lors même qu'elle ne serait point retenue par les parois intérieures du vase. Il est bien entendu qu'il ne doit point y avoir de liquide sous cette cloison, et qu'elle tomberait au fond du vase par la pression de l'eau supérieure, si la force en question n'était point appliquée au point P, ou bien que cette force étant appliquée en tout autre endroit, la pression supérieure ferait mouvoir la cloison autour de ce point.

Il est souvent d'une grande importance de connaître le centre de pression : c'est le meilleur moyen de soutenir une porte d'écluse contre la pression de l'eau. Sa position varie suivant la forme de la surface pressée et la profondeur à laquelle elle est placée dans le liquide. *Si la surface est un rectangle, ou un carré, placé perpendiculairement et si le liquide s'élève jusqu'au bord supérieur, le centre de pression se trouvera aux deux tiers de la ligne perpendiculaire tracée sur le milieu de la surface. Si c'est un triangle dont la pointe soit*

au niveau de l'eau, et dont les côtés oient égaux, le centre de pression sera aux trois quarts de la ligne perpendiculaire tirée de la pointe à la base; enfin si les côtés sont inégaux, mais si le triangle est rectangle, c'est-à-dire, si sa base fait un angle droit, ou de 90 degrés avec l'un des côtés, le centre de pression sera sur le point de rencontre de deux lignes, dont l'une serait parallèle au côté perpendiculaire, mais distante de ce même côté à 3/8 de la longueur de la base, et dont l'autre, parallèle à la base, en serait distante du quart de la longueur de la perpendiculaire. Ainsi, soit R A N M B, *planche* II, *fig.* 11, la surface de l'eau, A G D M la surface perpendiculaire et carrée sur laquelle l'eau presse, N le milieu de A M, et N L la perpendiculaire tirée de N sur la base de la surface, L P formant les deux tiers de la ligne L N, P sera le centre de pression sur la surface A G D M. Le triangle A S D a ses deux côtés A S et A D égaux; la ligne A G est une perpendiculaire passant du milieu de S D par le sommet A: *t*, placé aux trois quarts de la longueur de G A, est le centre de la pression de la surface

A S D. Enfin, A G D est un triangle rectangle en G; A *q* forme les trois quarts de la longueur A G, et *q u*, ou G O, les trois huitièmes de la longueur G D; *u* est aussi le centre de pression de la surface A G D. Ainsi, en plaçant, dans une direction opposée à la pression de l'eau, une force égale à cette pression, en P pour la surface A G D M, en *t* pour la surface A S D, et en *u* pour la surface A G D, cette force tiendra ces diverses surfaces en équilibre. Il ne sera pas difficile de trouver quelle doit être cette force, puisque nous connaîtrons, par les règles posées plus haut, quelle résistance elle aura à vaincre. Supposons, par exemple, que la porte d'une écluse ait 6 pieds (63 déc. 3124 mill.) carrés, la pression qu'elle aura à supporter sera de 18 pieds (616 déc. 991 cent.) cubes d'eau, ou 1260 livres (630 kil.): une force égale, appliquée derrière sur la perpendiculaire tracée sur le milieu, et à 4 pieds (1 m. 299 mill.) du haut de la porte, suffira pour balancer la pression de l'eau, sans qu'on ait besoin d'employer des gonds pour la maintenir.

L'effort que fait l'eau sur les gonds

de la porte d'une écluse est égal à la pression qu'elle exerce pour faire tourner cette même porte sur sa base en renversant sa partie supérieure. On détermine l'intensité de cet effort en multipliant le sixième de la largeur de la porte par le cube (1) *de sa hauteur; le produit sera un volume d'eau qui exercerait l'effort cherché. L'effort que l'eau fait pour ouvrir la porte, ou pour la faire tourner sur ses gonds* (effort qu'il ne faut pas confondre avec le précédent qui ne s'applique qu'à la résistance même des gonds) *se détermine en multipliant le quart du carré de la hauteur de la porte par le carré de sa largeur. Le produit*, comme dans l'exemple précédent, *sera un volume d'eau qui exercerait l'effort cherché.* On peut facilement trouver le rapport ou la proportion de *ces deux efforts. Ils sont l'un à l'autre comme le sixième de la largeur, multiplié par le cube de la hauteur, est au quart*

(1) On trouve le cube d'un nombre en le multipliant d'abord par lui-même, et en multipliant encore ce produit par le nombre primitif. Ainsi le cube de 3 est 27, parce qu'en multipliant 3 par lui-même on obtient 9, et que 9 multiplié par 3 produit 27.

des carrés de la hauteur et de la largeur multipliées l'une par l'autre; c'est-à-dire, *comme un sixième de la hauteur est au quart de la largeur, ou comme le double de la hauteur est au triple de la largeur.* Donc, si la porte est carrée, ces deux pressions sont entre elles dans le rapport de 2 à 3; ou, si l'on veut, l'*effort que l'eau fait pour faire tourner la porte sur ses gonds est de moitié plus grand que celui qui tend à la renverser en la faisant tourner sur sa base en supposant, dans ce dernier cas, que les gonds au lieu d'être sur les côtés fussent placés sous la porte.* Ainsi, si la porte a 6 pieds (63 déc. 3,124 mill.) carrés, l'effort pour la faire tourner de côté sera équivalent à une pression du quart de 1,296 pieds (44 m. 423 déc.) cubes d'eau; c'est-à-dire, 324 pieds (11 m. 106 déc.) cubes, ou 22,680 livres (11,340 kil.); et l'effort pour la renverser, en tournant sur sa base, sera égal à la pression qu'exercerait le sixième de 1,296 pieds (44 m. 423 déc.) cubes d'eau, c'est-à-dire, 216 pieds (7 m. 404 déc.) cubes, ou 15,120 livres (7,560 kil.).

CHAPITRE V.

DE LA PESANTEUR SPÉCIFIQUE. — HYDROMÈTRE ET ARÉOMÈTRE.

—

Lorsqu'un corps solide est plongé dans un liquide, il en déplace un volume exactement égal au sien; ainsi, en mesurant le volume du liquide déplacé, on peut avoir celui du corps solide : car on peut mettre le liquide dans un vase qui ait une forme cubique et des dimensions connues, avec des divisions régulières qui indiquent rigoureusement la quantité de liquide qu'il contient. Ou bien tout autre vase dans lequel on plonge le corps solide peut lui-même avoir ces divisions. Supposons, par exemple, que les dimensions intérieures du vase soient de 12 pouces carrés, et que les divisions

placées sur la paroi perpendiculaire soient chacune d'une ligne. Si on y plonge un corps irrégulier, l'eau s'élèvera dans le vase, et chaque division nouvelle qu'elle couvrira, indiquera qu'un douzième de 12 pouces cubes, ou qu'un pouce cube a été déplacé par le corps solide. De sorte que, si l'eau s'élève de 2, de 3 ou de 4 lignes, on en conclura qu'il a un volume de 2, de 3 ou de 4 pouces cubes. Tel est le moyen le plus facile de mesurer le volume des corps irréguliers.

Lorsqu'un corps est ainsi *plongé dans un liquide, s'il a la même densité, ou mieux si, à volume égal, il pèse autant que ce liquide, il doit demeurer en repos à la place même où on l'a mis;* car, dans ce cas, c'est la même chose que si le liquide n'avait pas été déplacé, puisque le corps tient la place d'un volume égal de liquide et du même poids qui serait resté en repos, pressé également de toutes parts. Mais, *si le corps solide, à volume égal, est plus pesant que le liquide, l'équilibre sera détruit, la pression supérieure deviendra plus forte que la pression inférieure, et le corps solide descendra au fond du vase.* De même,

s'il est plus léger que le liquide, il s'élèvera à la surface. Mais, *si un corps solide, plus lourd que l'eau, y était plongé à une profondeur dont le rapport avec son volume serait le même que le rapport de sa pesanteur avec celle de l'eau, et si, à cette même profondeur, on supprimait la pression supérieure, le corps solide flotterait, malgré son poids, parce que la pression inférieure, étant proportionnelle à la profondeur, ferait équilibre avec le poids du corps auquel ne s'ajouterait plus la pression supérieure.* Par exemple, le plomb est un peu plus de 11 fois plus pesant que l'eau; qu'on prenne une boule de ce métal d'un pied (0 m. 325 mill.) de diamètre, qu'on la place sous un tuyau assez large, mais hermétiquement fermé par le haut, et qu'on plonge le tout à 11 ou 12 pieds (3 m. et demi à 4 m.) sous l'eau, en tenant le tuyau perpendiculaire, la boule de plomb flottera sur l'eau qui la pressera en dessous avec une force plus grande que son poids et qui n'éprouvera point d'autre résistance, puisqu'il n'existera pas de pression supérieure, le tuyau devant, comme nous l'avons dit, être hermétiquement fermé. Le phénomène contraire

arrivera pour un corps plus léger que l'eau: un morceau de liége, par exemple, qu'on placerait au fond d'un vase après avoir taillé sa surface inférieure de manière qu'elle s'appliquât parfaitement sur celle du fond du vase. Par ce moyen le liége n'éprouverait que la pression supérieure, puisque l'eau ne pouvant pas s'introduire entre le fond du vase et lui, il n'y aurait pas de pression inférieure pour le faire monter à la surface de l'eau. Il résulte de ces principes que, *si un corps solide, pesé dans l'air, est ensuite pesé dans un liquide, il paraîtra perdre de son poids, un poids égal à celui du volume du liquide déplacé. Ce n'est pas qu'il perde réellement de son poids; mais il est poussé, de bas en haut, par une force égale au poids du volume du liquide dont il occupe la place.* Ainsi, si un morceau de plomb pèse une once dans l'air, c'est-à-dire, que si, pour le mettre en équilibre, on est obligé de mettre un poids d'une once dans l'autre plateau de la balance, et si on le suspend ensuite à un fil, sous le plateau même qu'il occupait, pour le plonger dans l'eau, on remarquera que l'autre descendra, et qu'il faudra, pour

rétablir l'équilibre, diminuer le poids d'une once qui s'y trouve, d'une quantité égale au poids du volume d'eau déplacé, parce que le morceau de plomb n'est plus entraîné en bas par la totalité de son poids, mais par un poids égal à la différence qu'il y a entre son poids réel et le poids du volume déplacé. D'après cela nous pouvons déterminer la pesanteur relative de tous les corps, ou la proportion qui se trouve entre leurs différens poids. C'est ce qu'on nomme aussi la *pesanteur spécifique*, c'est-à-dire, la pesanteur particulière à chaque corps. *En pesant un volume déterminé : comme un pied ou un pouce cube de deux substances, on connaîtra leur pesanteur relative ou spécifique.* Si un pied cube d'une substance pèse, par exemple, 10 livres, et que le même volume d'une autre substance ne pèse que 5 livres, leur pesanteur relative sera dans le rapport de 2 à 1, c'est-à-dire, que celle du premier sera deux fois plus grande que celle de l'autre. Mais cette opération présente de grandes difficultés, à cause du soin qu'on doit prendre pour que les volumes des deux substances soient bien égaux, et parce qu'ensuite toutes

les substances ne prennent pas aisément la figure qu'on veut leur donner, ou qu'enfin on serait obligé souvent de détruire des objets de prix, comme les pierres précieuses, des bijoux, etc., ou d'altérer d'autres substances pour pouvoir connaître leur pesanteur spécifique. Mais la balance hydrostatique, construite sur les principes que nous avons établis plus haut, donne le moyen le plus exact de déterminer cette pesanteur. Il suffit de peser d'abord l'une des deux substances dans l'air et ensuite dans l'eau, et de tenir note de la différence trouvée dans le poids; d'en faire autant pour l'autre substance, et de comparer les deux résultats.

Il est évident que le même principe nous permet de trouver la pesanteur spécifique des liquides eux-mêmes : car, *si l'on pèse le même corps dans deux liquides différens, le poids qu'il perdra dans chacun d'eux sera leur pesanteur spécifique;* ainsi, si un morceau de plomb perd 5 onces dans l'eau, et s'il n'en perd que 4 dans l'esprit de vin, on conclura qu'un volume d'eau, égal au volume du morceau de plomb, pèse 5 onces, tandis que le même volume d'esprit de

vin n'en pèse que 4, et que, par conséquent, la pesanteur spécifique de l'eau est d'environ un cinquième plus grande que celle de l'esprit de vin.

C'est sur ce principe qu'est construit l'*hydromètre*, dont le nom, dérivé du grec, signifie *mesure de l'eau* : on en connaît de plusieurs espèces : l'un est une boule de verre ou de cuivre, avec une tige divisée en degrés égaux. Lorsqu'on a reconnu le degré jusqu'auquel la tige s'enfonce dans un liquide, on peut déterminer de combien un autre liquide est plus léger ou plus pesant, en examinant jusqu'à quel degré l'hydromètre s'y enfonce. On fait un autre hydromètre très-simple, en préparant un certain nombre de grains de verre creux de différens poids, mais dont les proportions sont connues et marquées sur le verre. On les jette successivement dans le liquide dont on veut connaître la pesanteur spécifique, jusqu'à ce que l'un d'eux reste en repos sans descendre au fond ou s'élever à la surface en quelque endroit qu'on le place. On est alors certain que ce liquide et le grain de verre ont la même pesanteur spécifique. Si ce même grain de verre est ensuite plongé dans

un autre liquide, et descend au fond, c'est que ce liquide est plus léger que le premier; si, au contraire, le grain monte à la surface, c'est que le liquide est plus pesant. Alors on y jette d'autres grains jusqu'à ce que l'un d'eux reste stationnaire dans ce liquide, et indique ainsi sa pesanteur spécifique, que l'on peut ensuite comparer avec celle du liquide précédent, en reconnaissant le numéro des deux grains.

Un hydromètre d'une grande délicatesse, particulièrement employé à reconnaître la pesanteur spécifique des diverses espèces d'eaux, consiste en une boule de verre B, *planche* II, *figure* 12, au-dessous de laquelle est une plus petite boule C, également en verre, remplie de mercure ou de petits grains de plomb. Sur la boule B est fixé un collet en cuivre *d* dans lequel est vissée la tige *a o*, divisée en pouces et dixièmes de pouce ou en équivalens du système métrique, et dont le diamètre est d'un quarantième de pouce: le poids total de cet instrument est communément de 4000 grains. Lorsqu'il est plongé dans l'eau, le poids d'un grain placé sur le sommet *a* de la tige le fait enfoncer d'un pouce, et par

conséquent un dixième de grain ne la ferait enfoncer que d'un dixième de pouce. Si donc l'instrument enfonçait, dans une espèce de liquide, d'un dixième de pouce plus bas que dans une autre, on en conclurait qu'un volume de la première, égal au volume de la machine, pèse un dixième de grain de moins qu'un pareil volume de liquide de la seconde espèce; on peut ainsi reconnaître une différence d'un sur quatre mille dans la pesanteur spécifique de l'eau. Si l'on voulait comparer ainsi entre eux d'autres liquides, il faudrait appesantir ou alléger la petite boule C, suivant qu'on opérerait sur des liquides plus légers ou plus lourds que l'eau. Mais, dans ce cas, il est plus commode d'avoir à sa disposition plusieurs espèces d'hydromètres pour éviter l'embarras de vider ou de remplir cette boule dans les proportions convenables. La délicatesse de cet instrument est telle, qu'il peut faire reconnaître la moindre quantité de substance étrangère dissoute dans le liquide, lors même que le goût, l'odorat ou les procédés chimiques ne pourraient pas l'indiquer.

L'*aréomètre*, inventé par Deparcieux,

a pris son nom de deux mots grecs qui signifient *mesure de la pesanteur*. Il est plus simple que l'instrument dont nous venons de faire la description, et n'est ni moins sensible ni moins exact. C'est un tube de verre de deux pouces à deux pouces et demi de diamètre, de sept à huit de longueur et hermétiquement fermé à ses deux extrémités, dans l'une desquelles est fixée une tige parfaitement droite, d'une ligne de diamètre et de trente pouces (0 m. 812 mill.) de long. Le tube est suffisamment lesté avec du mercure ou des grains de plomb pour ne descendre, dans le liquide le plus lourd qu'on veuille examiner, que jusqu'au point où la tige est fixée dans le tube. On se sert alors d'un cylindre de verre de trois à quatre pouces de diamètre, de trois ou quatre pieds de long, sur les parois duquel sont marquées des divisions régulières. On y verse le liquide en expérience, et l'échelle des divisions indique le degré d'enfoncement de la tige. Cet instrument est doué d'une telle sensibilité, qu'au moment même où quelques rayons de soleil viennent éclairer le liquide, la tige descend de plusieurs pouces : car *la moindre aug-*

mentation de chaleur produit une augmentation de volume dans les liquides, et diminue par conséquent leur pesanteur spécifique. Lorsque l'appareil est reporté à l'ombre, la tige s'élève aussitôt. Une pincée de sel ou de sucre, jetée dans le liquide, fait aussitôt remonter la tige, tandis qu'elle descend immédiatement après qu'on y a jeté quelques gouttes d'esprit de vin. Cet instrument, qui pèse environ une livre et demie, s'élève ou descend d'un demi-pouce pour chaque $^1/_{1,7424}$ partie de son volume d'eau déplacée par un corps étranger, de sorte qu'on peut y reconnaître une altération d'un cent millième.

Le principal emploi de l'hydromètre est de déterminer la pesanteur spécifique des liquides spiritueux et de signaler les mélanges d'eau ou d'autres matières qui s'y trouveraient; mais on peut également s'en servir pour reconnaître la pesanteur spécifique des autres liquides. Ainsi, le lait est d'environ $^1/_{31}$ plus pesant que l'eau, et l'hydromètre indiquera facilement si l'on y en a mêlé. En conséquence, en Suisse et dans le nord de l'Italie, où les paysans ont coutume de porter chaque soir leur lait à une laiterie

commune, et de recevoir en échange une quantité proportionnelle de fromage, on s'assure, au moyen de l'hydromètre, s'ils n'ont pas baptisé leur lait, comme on le fait si souvent à Paris. Il servirait de même à reconnaître la farine où l'amidon qu'on y aurait mêlé pour déguiser l'addition de l'eau, parce qu'il serait difficile que les laitières en eussent mis une proportion rigoureusement exacte. Au surplus, cette dernière falsification du lait se reconnaît facilement en y jetant un peu d'*iode*, qui a la propriété de colorer en violet toute espèce de fécule; mais cette opération est du domaine de la chimie.

Le principe de l'hydromètre, ou de l'aréomètre, nous donne encore le moyen de reconnaître les altérations qu'ont subies les corps solides, tels que les métaux lorsqu'ils sont mélangés avec des substances dont la pesanteur spécifique est différente. On doit à Bradford un instrument qui indique, avec la plus rigoureuse exactitude, quelle est la quantité d'alliage que renferme l'or, et même quelle en est l'espèce, c'est-à-dire, si cet alliage est d'argent, ou d'un métal plus léger.

La proposition qui fait la base de cette branche de l'hydrostatique, c'est-à-dire, qu'*un corps solide plongé dans un liquide déplace une quantité de ce liquide égale à son volume,* a été découverte par Archimède, l'un des plus grands mathématiciens de l'antiquité; il était l'ami et le parent d'Hiéron, roi de Syracuse, qui lui-même cultivait les sciences avec succès, et que l'histoire nous dépeint comme un prince aussi patriote que vertueux. Hiéron avait donné une certaine quantité d'or à un artiste pour lui faire une couronne; et, soupçonnant que l'artiste avait soustrait une partie de l'or qu'il avait remplacée par un poids égal d'argent, il engagea Archimède à chercher les moyens de s'en assurer, sans toutefois détruire la couronne. Le problême était difficile à résoudre, et Archimède y rêva long-tems; enfin, un jour qu'il était au bain, il remarqua que son corps forçait l'eau de la baignoire à s'élever, et le calcul lui prouva bientôt que cette élévation était proportionnelle au volume de son corps. Il en tira la conséquence qu'il parviendrait à reconnaître la fraude en examinant quel volume d'eau déplacerait un poids quel-

conqué d'or, quel volume déplacerait le même poids d'argent, et enfin quel volume déplacerait aussi un mélange des deux métaux. Cette découverte transporta Archimède à tel point, qu'il s'élança hors du bain et courut tout nu dans les rues de Syracuse, en s'écriant : *Je l'ai trouvé ! je l'ai trouvé !*

Cependant ce procédé ne pourra jamais être exact, si l'on n'a pas eu la précaution de s'assurer que le mélange des substances n'a pas produit quelque combinaison chimique qui aurait pu altérer leur structure particulière ; car cela arrive dans beaucoup de cas, et alors la pesanteur spécifique du mélange n'est plus proportionnelle à celle de chaque substance en particulier. Ce procédé réussira pour un morceau d'or dans lequel sera logé un morceau d'argent, parce qu'on découvrira de suite que ce morceau d'or pèse moins dans l'eau qu'un volume égal d'or pur. Mais, si les deux métaux étaient combinés chimiquement, il pourrait arriver que la pesanteur spécifique du mélange fût plus grande ou plus petite que la pesanteur moyenne des deux métaux pris isolément. Il en est de même des liquides. En consé-

quence, avant d'employer la balance hydrostatique comme moyen de prouver les mélanges, il faut s'assurer d'abord de la pesanteur spécifique de chaque corps en particulier, puis de celle de leur mélange en proportions connues. C'est alors seulement qu'on peut juger des proportions jusqu'alors ignorées d'un mélange quelconque des mêmes substances.

Mais une circonstance importante, dont il faut tenir compte dans toutes les expériences sur la pesanteur spécifique des corps, c'est la chaleur ou la température même de ces corps au moment de l'expérience : car l'effet de la chaleur est d'augmenter le volume de tous les corps et par conséquent de les rendre spécifiquement plus légers. Ainsi, par exemple, pour chaque degré de chaleur depuis 0^d jusqu'à 100^d, le volume de l'eau augmente de 0, 0466, celui du mercure augmente de 0, 0182, etc.; c'est pour cette raison que certains marchands de liquides spiritueux font leurs achats dans l'hiver et leur vente dans l'été, parce que, comme ils font ces marchés à la mesure et non au poids, ils y trou-

vent un avantage assez considérable.

Si deux liquides, dont les pesanteurs spécifiques sont différentes, sont introduits dans un tube recourbé, ils s'élèveront séparément dans chacune des deux branches du tube, et se feront équilibre si leur hauteur est en proportion inverse de leur pesanteur spécifique. Par exemple, le mercure étant treize fois et demie plus pesant que l'eau, si l'on en introduit, dans l'une des branches du tube, jusqu'à deux pouces de hauteur, tandis que, dans l'autre, on versera de l'eau jusqu'à la hauteur de vingt-sept pouces, les deux liquides se joindront dans la partie la plus basse du tube et se feront réciproquement équilibre. Notez que ce résultat est tout-à-fait indépendant de la quantité des deux liquides, du diamètre des branches du tube ou de leur forme. Il tient seulement à la hauteur à laquelle les deux liquides s'élèvent, de sorte qu'une très-petite quantité d'eau, introduite dans une branche étroite, peut faire équilibre à une grande masse de mercure contenue dans l'autre branche, quel que soit le diamètre de celle-ci ; il faut seulement

que l'eau s'élève treize fois et demie plus haut dans sa branche que le mercure dans la sienne.

Ce principe nous fournit encore un moyen aisé de reconnaître la pesanteur spécifique de deux liquides. Prenez un tube recourbé, *planche* II, *fig.* 13, dont les deux branches perpendiculaires aient des diamètres égaux, divisez-les en degrés d'égales longueurs, et versez les deux liquides dans chacune des deux branches. La hauteur à laquelle ils s'élèveront lorsqu'ils seront en équilibre, indiquera leur pesanteur spécifique, qui sera en proportion inverse de la hauteur de chacun d'eux. Si, par exemple, on s'est servi d'huile et d'eau, et si l'huile atteint le dixième degré au moment de l'équilibre, c'est-à-dire, lorsque les deux liquides se joignent au milieu de la branche horizontale, tandis que l'eau ne marque alors que 9 degrés, on en conclura que la pesanteur spécifique de l'huile est à celle de l'eau comme 9 est à 10.

Si l'on met, dans le même vaisseau, différens liquides qui ne puissent pas se mêler ensemble et dont les pesanteurs spécifiques varient, chacun d'eux se placera en couche horizontale d'après l'or-

dre de sa pesanteur spécifique, de manière que le plus lourd occupe le fond, le plus lourd après lui la couche immédiatement au-dessus, et ainsi de suite. Si donc on jette à la fois, dans un vase, du mercure, de l'huile d'olive et de l'eau, le mercure occupera le fond, l'huile la couche supérieure et l'eau la couche intermédiaire. On pourrait former une quatrième couche avec l'esprit de vin. La pression totale sur le fond du vase est, dans ce cas, égale à la surface du fond, multipliée par le produit de l'épaisseur de chaque couche par sa pesanteur spécifique.

Si le liquide le plus léger est le premier introduit dans le vase, et qu'on y mette ensuite le plus pesant, le plus léger s'élèvera alors à travers l'autre et s'établira à la surface; si on parvient ensuite à diminuer le poids de la couche inférieure, elle traversera également l'autre pour la remplacer. Ainsi, par exemple, si une couche d'huile nage sur de l'eau, et qu'on échauffe celle-ci par le fond du vase, elle devient plus légère que l'huile, passe à travers et forme la couche supérieure; mais, à son tour, l'huile s'échauffe et va reprendre sa pre-

mière place, d'où elle est chassée de nouveau si l'on augmente la chaleur de l'eau qui est revenue occuper le fond. Il en est de même, lorsqu'on place sur le feu un vase rempli d'un liquide quelconque ; les parties de ce liquide qui sont échauffées les premières deviennent plus légères que les autres, s'élèvent, les traversent, et sont remplacées par les couches plus froides et par conséquent plus pesantes qui, s'échauffant à leur tour, s'élèvent de même. C'est ainsi que s'établissent des courans ascendans de liquide échauffé, et des courans descendans de liquide froid, ce qui communique bientôt la chaleur à toutes les parties du liquide. Si, au contraire, on s'y prenait de manière que les couches supérieures du liquide s'échauffassent les premières, la chaleur se communiquerait très-lentement à toute la masse, parce que ces mêmes couches resteraient stationnaires à la surface. Mais si, comme dans le premier cas, le feu est appliqué au-dessous, les couches inférieures sont les premières échauffées, elles traversent la masse du liquide qu'elles échauffent graduellement et qui entre bientôt en ébullition, puis se convertit en vapeur.

Lorsqu'un corps solide flotte dans un liquide, c'est que son poids est égal à celui du volume de liquide qu'il déplace; mais, pour qu'il reste en repos, il faut que son centre de gravité soit sur la perpendiculaire qui passerait par le centre de gravité du liquide déplacé; car la pression de bas en haut est exercée dans la direction de cette ligne. Si le centre de gravité du solide ne s'y trouve pas, le solide doit tourner sur lui-même jusqu'à ce qu'il ait pris la position convenable. Lorsque le corps flottant n'est pas entièrement plongé dans l'eau, il est nécessaire, pour qu'il reste également en repos, que le centre de gravité de tout ce corps soit sur la même perpendiculaire que le centre de gravité de la partie plongée dans le liquide. On comprend que ce dernier est absolument à la même place que le centre de gravité du liquide déplacé. En conséquence, *lorsqu'on veut qu'un corps d'une figure quelconque flotte en repos sur l'eau, et dans une certaine proportion avec son volume sous l'eau, il faut d'abord déterminer son degré d'enfoncement dans l'eau, en comparant sa pesanteur spécifique avec celle du liquide*,

et on s'assurera de la position qu'il prendra en tirant, du centre de gravité total du corps avec le centre de gravité de la partie qui doit plonger sous l'eau, une ligne perpendiculaire à la surface de l'eau.

CHAPITRE VI.

PESANTEUR SPÉCIFIQUE DES CORPS.

—

Les expériences faites au moyen de la balance hydrostatique et de différentes espèces d'hydromètres, ont donné, avec la plus grande exactitude, la pesanteur spécifique des corps les plus connus. La table suivante donne les résultats de ces expériences, extraits d'un grand nombre de sources, et réduits à une mesure commune. En la consultant, on ne doit pas oublier que l'eau est prise comme unité pour les corps solides et liquides et l'air atmosphérique pour les corps gazeux. Ainsi, l'eau étant 1. 000, le mercure à la température ordinaire 13. 580, nous en conclurons que le mer–

cure est entre 13 et 14 fois plus lourd que l'eau. De même l'air étant 1. 000, le chlore (ou l'acide oxi-muriatique) 2. 500, et l'hydrogène 0. 069, nous en conclurons que le chlore est une fois et demie plus lourd et l'hydrogène entre 15 et 16 fois plus léger que l'air, etc., etc.

TABLE DES PESANTEURS SPÉCIFIQUES.

Acide acétique	1. 063.
arsénique	3. 391.
benzoïque	0. 667.
boracique cristall.	1. 479.
fondu	1. 803.
citrique	1. 034.
fluorique	1. 500.
molybdique	3. 460.
muriatique	1. 194.
nitrique	1. 271.
id très-concentré	1. 583.
phosphorique liq.	1. 558.
id solide	2. 800.
sulfurique	1. 841.
Agathe	2. 590.
Alcohol absolu	0. 797.
très-rectifié	0. 809.
du commerce	0. 835.
Alun	1. 714.
Ambre	1. 078.
Améthiste	2. 750.
Amiante long	1. 566.
court	3. 380.
Ammoniaque aqueux	0. 897.
Ardoise de 0. 722 à	2. 955.
Arragonite	2. 926.
Asphalte de 0. 905. à	1. 233.
Azur (pierre d')	2. 824.
Barytes (sulfate de) de	4. 000.
à	4. 460
(carbonate de)	4. 338.
Basalte de 2. 421. à	3. 000.
Beril oriental	3. 549.
occidental	2. 723.
Beurre	0. 942.
BOIS.	
Arbre à mastic	0. 849.
Aulne	0. 800.
Brésil rouge	1. 031.
Buis français	9. 912.
hollandais	1. 328.
Campêche	0. 913.
Cèdre sauvage	0. 956.
Cèdre de Palestine	0. 613.
d'Amérique	0. 561.
de l'Inde	1. 315.
Cerisier	0. 715.
Chêne (cœur de)	1. 170.
Citronnier	0. 726.
Cocotier	1. 040.
Coignassier	0. 705.
Cyprès d'Espagne	0. 644.
Ebène américain	1. 331.
indien	1. 209.
Erable	0. 750.
Fresne	0. 845.
Genevrier	0. 556.
Grenadier	1. 351.
Hêtre	0. 852.
If de Hollande	0. 788.
d'Espagne	0. 807.
Jasmin d'Espagne	0. 770.
Laurier	0. 822.
Liége	0. 240.
Lignum vitæ	1. 333.
Limonier	0. 703.
Mahogani	1. 063.
Murier d'Espagne	0. 897.
Néflier	0. 944.
Noisetier	0. 600.
Noyer	0. 681.
Olivier	0. 927.
Oranger	0. 705.
Orme	0. 671.
Peuplier	0. 383.
Poirier	0. 661.
Pommier	0. 793.
Prunier	0. 785.
Sapin	0. 600.
Sassafras	0. 482.
Saule	0. 525.
Sureau	0. 695.
Tilleul	0. 604.
Vigne	1. 327.
Borax	1. 714.
Caillou noir	2. 582.
Camphre	0. 988.

Caoutchouc	0. 933.
Calcédoine de 2. 600. à	2. 655.
Chaux de 1. 386. à	2. 720.
Chrysolyte	2. 782.
Cinabre	6. 902.
Cire brute	0. 964.
blanche	0. 968.
Copal	1. 045.
Corindon	3. 710.
Cornaline tachetée	2. 613.
Craie de 2. 252. à	2. 657.
Cristallin	1. 100.
Cristal de roche 2. 581. à	2. 888
Diamant oriental incolore	3. 521.
Id. diversement coloré	3. 523. à 3. 550.
Id. incolore du Brésil	3. 444.
Id. diversement coloré	3. 518. à 3. 550.
Dolomite	2. 800.
Eau distillée	1. 000.
de mer	1. 028.
de la mer Morte	1. 240.
Email	2. 440
Emeraude	2. 673.
Esprit rectifié	0. 916.
Ether acétique	0. 866.
Id. muriatique	0. 729.
Id. nitrique	0. 908.
Id. sulfurique de 0. 716. à	0. 745.
Euclase	3. 062
Feltspath	2. 438.
GAZ.	
Acide carbonique	1. 525.
chloro-carbonique	3. 472.
chloro-cyanique	2. 152.
fluoborique	2. 371.
fluocilicieux	3. 573.
hydriodique	4. 340.
nitreux	2. 638.
prussique	0. 930.
sulphureux	2. 222
ammoniaque	0. 590.
Azote	0. 972.
Chlore	2. 500.
Cyanogène	1. 805.
Euchlorine	2. 440.
Hydrogène	0. 069.
Id. carburé	0. 972.
Id. phosphuré	0. 902.
Id. sous-carboné	0. 555.
Id. sous-phosphuré	0 972.
Hydrogène sulphuré	1. 180.
Oxide carbonique	0. 972.
nitreux	1. 527.
nitrique	1. 041.
Oxigène	1. 111.
Gomme arabique	1. 452.
de cerisier	1. 481.
Graisse de bœuf	0. 923.
de mouton	0. 923.
de porc	0. 936.
de veau	0. 934.
Granit de 2. 613. à	2. 956.
Grenat fin	4. 230.
commun	3. 576.
Gypse compact 1. 872. à	2. 288.
Id. cristallisé 2. 306. à	2. 311.
Hornblende commun	de 3. 600. à 3. 830.
Id. balsatique 3. 150. à	3. 333.
Hornstone de 2. 533. à	2. 810.
HUILES.	
Essentielle d'absinthe	0. 907.
d'ambre	0. 886.
d'anis	0. 986.
de cannelier	1. 043.
de carraway	0. 904.
de fenouil	0. 929.
de gérofle	1. 036.
de lavande	0. 894.
de menthe	0. 898.
de théréb.	0. 870.
Exprimée	
d'amandes douces	0. 917.
de baleine	0. 923.
de chenevis	0. 926.
de lin	0. 940.
de navette	0. 919.
de noisette	0. 916.
de noix	0. 923.
d'olive	0. 915.
de pavot	0. 929.
de poisson	0. 923.
Hyacinte de 4. 000. à	4. 600.
Indigo	1. 009.
Ivoire	1. 825.
Jaspe de 2. 358. à	2. 816.
Jayet	1. 259.
Lave du Vésuve 3. 407 à	3. 575.

Lait	1. 032.
(petit)	1. 019.
Magnésie nat. (hydr. de)	2. 330.
Id. (carbonate de)	2. 220.
Malachite compacte	de 3. 572. à 3. 994.
Marbre de Carrare	2. 816.
Mastic	1. 074.
Mélanite, ou grenat noir	de 3. 691. à 3. 800.
Mellite, ou pierre de miel	1. 600.
MÉTAUX.	
Acier	de 7. 767. à 7. 833.
Id. trempé	de 7. 752. à 7. 816.
Airain	de 7. 824. à 8. 396.
Antimoine	6. 702.
Argent pur fondu	de 10. 474. à 10. 784.
forgé	10. 510.
Arsenic	5. 763.
Bismuth	9. 823.
Cadmium	8. 600.
Chrome	5. 900.
Cobalt	8. 600.
Colombium	5. 600.
Cuivre	8. 900.
Etain	de 7. 264. à 7. 299.
Fer fondu	de 7. 615. à 7. 788.
forgé	de 7. 875. à 8. 778.
Manganèse	8. 000.
Mercure	13. 586.
Molybdène	8. 600.
Nickel	7. 807.
Osmium et iridium (mélange d')	19. 500.
Plomb	11. 352.
Potassium	0. 865.
Palladium	11. 800.
Platine	21. 470.
Rhodium	10. 650.
Sélénium	4. 300
Tellure	de 5. 700. à 6. 115.
Tungstène	17. 400.
Uranium	9. 000.
Zinc	de 6. 900. à 7. 191
Mica	de 2. 791. à 2. 934.
Miel	7. 450.
Mirrhe	1. 360.
Nacre	2. 340.
Naphte	0. 847.
Nitre	1. 900.
Opale fine	2. 114.
commune	1. 958.
Opium	1. 336.
Orpiment	de 3. 048. à 3. 435.
Perle orientale	2. 683.
Phosphore	1. 714.
Pierre néphrétique	2. 894.
ponce	0. 914.
Poix	de 1. 970. à 2. 720.
Porcelaine de Chine	2. 384.
de Sevres	2. 145.
Porphyre	de 2. 452. à 2. 972.
Potasse (carbonate de)	1. 459.
Poudre à canon	0. 836. à 1. 745.
Quartz	de 2. 624. à 3. 750.
Quinquina	0. 784.
Rubis oriental	4. 283.
Saindoux	0. 947.
Sang humain	1. 054.
Saphir oriental	3. 991.
Sardoine	2. 610.
Sel gemme	2. 143.
Soufre natif	2. 033.
fondu	1. 990.
Spath fluor	de 3. 094. à 3. 791.
Id. calcaire	de 2. 620. à 2. 837.
Spermaceti	0. 943.
Stallactite	de 2. 323. à 2. 546.
Steatite	2. 640.
Stilbite	2. 500.
Strontiane (sulfate de)	de 3. 583. à 3. 958.
Id. (carbonate de)	3. 658. à 3. 675.
Sucre	1. 606.
Suif	0. 941.
minéral	0. 770.
Talc	de 2. 080. à 2. 900.
Topaze	de 4. 010. à 4. 061.
Tourmaline	de 3. 086. à 3. 362.
Turquoise	de 2. 500. à 2. 908.
Ultramarine	2. 360.
Verre	de 2. 600. à 3. 200.
Vin blanc de Champagne	0. 997.
de Constance	1. 081.
de Bordeaux	0. 993.
de Bourgogne	0. 991.
de Malaga	1. 022.
de Porto	0. 997.
Vinaigre	de 1. 013. à 1. 080.
Zéolite	de 2. 073. à 2. 718.
Zircone	de 4. 385. à 4. 700.

CHAPITRE VII.

SYPHON. — FONTAINES INTERMITTENTES.

Si l'on remplit d'eau un tube recourbé dont les deux branches soient égales, et si, plaçant ensuite un doigt sur chacune des deux ouvertures, on retourne le tube et on le plonge dans un vase d'eau, le liquide continuera à remplir le tube. Mais, si l'une des deux branches A B, *planche* II, *fig.* 14, est placée en dehors du vase, la pression de l'air sera égale sur les deux ouvertures en G et en B, et empêchera l'eau de couler par la branche A B. Si, au contraire, la branche A B est allongée jusqu'en L, il y aura une plus grande quantité d'eau dans L B A qu'en G A; l'équilibre sera dé-

truit; l'eau contenue dans la branche L B A vaincra la résistance de l'air, s'écoulera en L et forcera l'eau du vase à s'élever dans la branche G A jusqu'à ce que le vase soit vide, si la branche A G descend jusqu'au fond, et si ce fond est plus élevé que l'ouverture L. Cet instrument se nomme un *syphon*, et est très-commode pour décanter les liquides qu'on ne veut pas troubler en remuant le vaisseau qui les contient, ou en les soutirant par le bas. On l'emploie le plus communément, en plongeant d'abord l'une des branches dans le liquide, que l'on y fait monter en aspirant avec la bouche par l'autre branche.

La singulière apparence que présentent les *fontaines intermittentes*, c'est-à-dire qui coulent et s'arrêtent alternativement, est due à des syphons naturels par lesquels l'eau s'écoule. A B C, *planche* II, *fig.* 15, représente la section verticale d'une montagne, dans laquelle est un trou E F G, communiquant à l'extérieur par un canal F H B, courbé comme un syphon; le trou se remplit d'eau par les ruisseaux *d d d d*, et aussitôt qu'elle parvient en O P H, elle s'écoule par le syphon F H B, jusqu'à ce

qu'elle soit descendue au niveau de F. L'écoulement cesse alors, et ne reprend que lorsque le trou s'est de nouveau rempli jusqu'en O P H, et ainsi de suite.

D'autres fontaines ne cessent pas entièrement de couler, mais fournissent alternativement une plus grande et une moindre quantité d'eau; cela est dû à la présence d'autres réservoirs qui s'écoulent constamment, par la même ouverture, et aux produits desquels s'ajoute, de tems en tems, celui du réservoir qui communique immédiatement au syphon.

Dans quelques contrées, l'ignorance du peuple accrédite des contes absurdes au sujet de ces fontaines, dont il attribue l'effet à la magie ou aux sortiléges. D'adroits imposteurs ont souvent tiré avantage de la crédulité d'autrui, en prédisant la cessation de l'écoulement de ces fontaines et son retour, ou en se donnant comme pouvant à volonté le faire cesser et reparaître.

D'autres fontaines coulent en été et se tarissent en hiver. Cette circonstance est due à la présence d'un syphon d'une grande largeur qui, lorsque l'eau est

abondante, lui donne de l'écoulement dans une autre direction, et n'agit pas lorsqu'elle ne peut atteindre une certaine hauteur dans le réservoir. Elle s'écoule alors par d'autres conduits naturels qui cessent d'en produire quand le syphon exerce son action.

CHAPITRE VIII.

ATTRACTION CAPILLAIRE.

Jusqu'ici nous n'avons vu aucune exception au principe général, que toutes les parties d'un liquide abandonné à lui-même tendent à se mettre de niveau, et que, par conséquent, aucun liquide ne peut de lui-même s'élever dans l'intérieur d'un tube plus haut qu'à l'extérieur. Mais cette règle souffre une exception qu'on peut nommer apparente, et que nous allons expliquer.

Si une goutte d'eau, ou de tout autre liquide du même degré de fluidité, est jetée sur une surface solide, elle la mouillera et s'y attachera, au lieu de

conserver la forme sphérique, et de rouler lorsque cette surface sera inclinée. On en tire la conséquence que les parties du liquide ont moins d'adhérence l'une pour l'autre que pour le corps solide. De même, si nous observons les bords d'un liquide quelconque contre les parois d'un vase, comme du vin dans un verre, nous remarquerons qu'il ne se tient pas tout-à-fait de niveau, et qu'il y est plus élevé que dans le milieu. Il parait donc qu'il existe une attraction à une très-petite distance des bords, suffisante pour suspendre la partie du liquide qui les touche, et l'empêcher de descendre au niveau du reste. Supposons que le diamètre du verre diminue de manière à ne plus laisser de place au vin qui occupe le milieu et qui est de niveau, mais ne conserve que la petite bordure du liquide élevée au-dessus du reste : en d'autres termes, supposons un très-petit tube dont le bout inférieur se poserait sur le liquide, il est évident que ce même liquide s'élèvera dans le tube au-dessus du niveau extérieur; et, si le tube devient de plus en plus étroit, le liquide s'élèvera d'autant plus haut, parce qu'il aura d'autant

moins de poids pour contrebalancer l'attraction du verre.

Ces tubes, d'un si petit diamètre, sont nommés *capillaires*, d'un mot latin qui signifie *cheveux*, parce qu'ils sont à l'intérieur presque aussi petits que des cheveux. Toutefois, la capillarité est encore très-sensible dans des tubes d'une ligne ou plus de diamètre. Lorsque le bout inférieur d'un de ces tubes est posé sur la surface de l'eau, elle s'y élève d'autant plus haut que le diamètre est plus étroit. Si ce diamètre est d'un cinquantième de pouce, l'eau s'élèvera d'un pouce environ, et de deux pouces environ si le diamètre du tube n'a qu'un centième de pouce, et toujours dans la même proportion. *La quantité de liquide qui s'élève dans les tubes capillaires est proportionnelle au carré du diamètre du tube multiplié par la hauteur du liquide, parce que les cylindres sont l'un à l'autre comme le carré de leur diamètre multiplié par leur longueur. Donc la hauteur du liquide étant en proportion inverse du diamètre, il suit que la quantité du liquide élevé est aussi en proportion du diamètre. De plus, la circonférence des tubes étant en propor-*

tion des diamètres, il est évident que la quantité de liquide élevé, est proportionnelle à la circonférence ou à l'espace circulaire de liquide que l'intérieur du tube embrasse lorsqu'il touche le niveau. C'est de ces faits qu'on a conclu que la capillarité ou l'élévation des liquides dans des tubes étroits est due à l'attraction. Mais ce sujet est encore enveloppé d'une grande obscurité; et bien que les savans ayent, au moyen des raisonnemens mathématiques, jeté de grandes lumières sur cet objet, il reste beaucoup de doutes sur l'explication de ce fait important. Quelques-uns prétendent que l'eau est élevée et supportée par l'attraction de l'anneau de verre immédiatement au-dessus du niveau; mais alors l'anneau immédiatement au-dessous devrait l'attirer en bas avec autant de force qu'elle est attirée en haut; et, par conséquent, le phénomène ne devrait pas avoir lieu. D'autres disent que le premier anneau de verre qui touche l'eau, c'est-à-dire l'extrémité du tube, exerce cette attraction qui n'est pas détruite alors par une attraction contraire. Mais cela n'explique pas pourquoi le phénomène continue d'avoir lieu lorque le tube descend

dans l'eau, et encore moins pourquoi le liquide ne s'écoule pas par l'extrémité supérieure, lorsqu'on coupe le tube au-dessous du point où l'eau s'élève. Dans tous les cas, le fait n'est pas douteux.

Si un tube, *planche* 2, *fig.* 16, a deux diamètres différens comme *c d* et *e o*, l'eau s'élèvera dans *e o* à la même hauteur que si ce petit tube était prolongé jusqu'au niveau A B, et cela aura lieu quel que soit le diamètre de *c d*, pourvu que *e o* soit un tube capillaire. De sorte que l'eau restera suspendue dans le tube le plus large, ou dans toute espèce de vase terminé par un tube capillaire, comme si ce vase ou ce tube était hermétiquement fermé au sommet. Mais, si l'on renverse le vase ou le tube, l'eau ne s'élèvera pas plus haut qu'elle ne l'aurait fait dans le vase ou le grand tube seul.

Si un tube, comme la *fig.* 16, ou conique à l'intérieur, est rempli de liquide et placé horizontalement, le liquide s'écoulera par l'ouverture la plus étroite.

Si on courbe un tube capillaire comme un syphon, l'eau s'y élèvera à la même hauteur que s'il était droit, et pourra

même atteindre le milieu de la courbure; mais elle ne s'écoulera pas par l'autre branche, à moins que celle-ci n'ait été préalablement remplie, et n'ait la longueur nécessaire pour déterminer l'écoulement, comme dans la *fig.* 14.

Si, comme dans la *fig.* 17, *planc.* 2, on place, dans un liquide, deux lames de verre A B F D et A B E G, faisant ensemble un angle de deux degrés et demi, le liquide s'élèvera entre les deux lames, de manière à former une ligne courbe D M *m* B, dont la hauteur, dans tous les points, sera proportionnelle à l'écartement des deux lames, ou à la distance au point A. Ainsi, si A P est deux fois aussi grand que A *q*, P M ne sera que la moitié de *q m*. Si, au lieu d'être réunies par une de leurs extrémités, les deux lames de verre étaient parallèles, cette ligne, au lieu d'être courbe, serait droite.

L'élévation des liquides a lieu entre ces deux lames, d'après le même principe que dans les tubes, elle est d'autant plus haute que l'intervalle qui sépare les deux lames est moindre, avec cette différence, cependant, que, dans ce dernier cas, l'élévation n'est que de

la moitié, parce que l'attraction n'a lieu que de deux côtés, tandis que, dans les tubes, elle s'exerce tout au tour. *L'action capillaire des tubes ou des lames sur les liquides dépend de la matière dont ces tubes ou ces lames sont formés. Si, par exemple, on huile l'intérieur d'un tube ou les lames de verre, l'eau ne s'y attachera pas et ne s'y élèvera pas du tout. Tous les liquides ne s'élèvent pas non plus à la même hauteur; et, en cela, ils ne suivent nullement, comme on pourrait le présumer, la proportion de leur pesanteur spécifique;* car l'huile de thérébentine, qui est d'un septième plus légère que l'eau, ne s'éleve qu'au quart de la hauteur de cette dernière. L'alcali volatil, qui pèse un dixième de moins que l'eau, et qui est par conséquent plus pesant que l'huile de thérébentine, s'élève d'un cinquième plus haut que l'eau, et cinq fois plus haut que l'huile de thérébentine; l'esprit-de-vin, qui n'est guère plus léger que cette huile, s'élève deux fois plus haut. Le mercure ne s'élève pas du tout; au contraire, il s'abaisse dans la même proportion que les autres liquides s'élèvent. Le plomb fondu suit

la même règle. On a pu remarquer que ces deux substances contenues dans un vase quelconque, ne s'élèvent pas sur les bords comme les autres liquides, mais forment une courbe convexe, à moins que le vase ne soit d'une matière pour laquelle ils aient une affinité chimique, comme l'étain, l'argent ou l'or pour le mercure. Le même phénomène a lieu, comme nous l'avons dit, pour les autres liquides, lorsque les tubes ou les lames de verre sont graissés ou cirés. La consistance des liquides ne paraît avoir aucune influence sur la capillarité, non plus que leur température : car le vernis blanc, qui est très-épais et très-visqueux, s'élève presque aussi haut que l'esprit-de-vin, et l'eau chaude s'élève à la même hauteur que l'eau froide.

En conséquence de l'attraction capillaire, lorsque des corps légers flottent sur un liquide susceptible de les mouiller, ils semblent s'attirer l'un l'autre à une petite distance. Placez un petit morceau de liége dans un vase rempli d'eau, il finira par s'arrêter au bord du vase. La mousse même du liquide suit la même loi. Si les deux corps ne sont pas sus-

ceptibles d'être mouillés, ils s'attireront également, parce qu'ils seront également pressés par le liquide environnant; mais si l'un des deux se mouille, tandis que l'autre reste sec, ils sembleront se fuir, parce que le corps mouillé élevant le liquide, et le corps sec l'abaissant, il y a nécessairement, entre eux deux, une pente qui les force à s'écarter. L'attraction capillaire exerce une grande influence sur les opérations de la nature. C'est probablement à elle qu'est due la distribution régulière de l'humidité dans la terre; et il n'y a aucun doute que celle des sucs des plantes n'en dépende. L'élévation et la circulation de la sève s'opère dans des tubes très-déliés qu'on peut regarder comme les veines et artères des végétaux. On peut se faire une idée de cette opération, en tordant ensemble quelques fils de coton ou de laine, et en les mouillant. Si on place une de leurs extrémités dans un verre rempli d'un liquide suffisamment coloré, comme du vin ou de l'encre, et si on laisse pendre l'autre à l'extérieur, on verra aussitôt le liquide s'élever entre les fils et les colorer; enfin, en peu de tems, le verre

sera vidé, parce que l'écoulement du liquide se sera établi à l'extrémité pendante de la mèche.

Le suc des plantes, il est vrai, ne peut pas être conduit directement par les tubes capillaires jusqu'au haut de la plante; mais, après être monté quelque peu dans les uns, ils s'écoule horizontalement dans les autres; et, de ceux-ci, il s'élève dans une troisième série de tubes, et peut être enfin dirigé de haut en bas par des syphons naturels.

Les corps spongieux agissent de la même manière sur les liquides, au moyen des nombreux tubes capillaires dont ils sont entièrement composés. On peut encore facilement reconnaître les effets de l'attraction capillaire, en mettant une goutte d'eau sur une surface huilée qui ne puisse pas facilement se mouiller. Elle prend alors la forme ronde. Si l'on place au-dessus une autre surface susceptible de se mouiller, mais qui ne la touche pas, on remarque que la goutte d'eau s'élève pour s'y attacher. Si la surface supérieure est mise en mouvement, quoique placée à une certaine distance, on voit la goutte d'eau s'allonger pour la suivre. Si, au lieu de tenir la

surface supérieure parallèlement à l'autre, on la tient perpendiculairement, et si on la place auprès de la goutte d'eau, celle-ci s'élève contre et forme une ligne concave comme l'eau ou le vin contre les bords d'un verre. De cette manière, lorsqu'un vase est rempli d'un liquide, sans toutefois déborder, on peut obtenir ce dernier résultat en y plongeant un corps susceptible d'être mouillé, dont l'autre extrémité pendrait à l'extérieur du vase.

CHAPITRE IX.

APPLICATIONS MATHÉMATIQUES (1).

1. Soit A B C D, *fig.* 18, *pl.* 2, la section d'un vase rempli d'un liquide quelconque; la pression du liquide, sur la base B C, sera mesurée par la surface de cette base, multipliée par la hauteur A B. Ainsi, si le vase est un cube, cette pression sera le poids d'un volume du liquide égal au cube de B C; si c'est un parallélipipède rectangle, la pression sera égale à $BC^2 \times AB$; si c'est un cylindre, elle sera $BC^2 \times 0{,}7854 \times AB$; si c'est un cône dont la

(1) Les chapitres précédens sont spécialement destinés à ceux qui n'ont point l'habitude des mathématiques; ils peuvent se dispenser d'étudier celui-ci.

base et la hauteur soient les mêmes que celles du cylindre, la pression sera la même; si c'est un cône tronqué, comme F G B C, ou B C O P, la pression sur B C sera encore la même que dans le cas du cylindre; enfin, quelle que soit la figure du vase, aussi long-tems que la base B C et la hauteur du liquide B A resteront les mêmes, la pression sur la base B C ne changera pas.

2. Soient les deux vases de même forme, mais de dimensions différentes et remplis de liquides, dont les densités soient également différentes; soient D et d les hauteurs de ces deux vases, B et b les surfaces de leurs bases; G et g les pesanteurs spécifiques des deux liquides, la pression sur la base B est à la pression sur la base b comme $D \times B \times G$ est à $d \times b \times g$.

3. Soit un vase quelconque, contenant diverses couches de liquides dont les hauteurs seraient représentées par F, F′, F″, etc., et les densités par D, D′, D″, etc., la pression de toute la colonne liquide sur la surface B de la base du vase sera $B \times (D \cdot F + D' \cdot F' + D'' F'' +, \text{etc.})$

4. Soit un vase dont les côtés sont verticaux et qui est rempli d'un liquide

quelconque; si nous représentons par a la hauteur du liquide, et par p le périmètre du vase, la pression exercée par le liquide sur toute la surface perpendiculaire, sera représentée par le poids d'un prisme rectangulaire de ce même liquide, et dont la base serait $a \times \frac{p}{2}$, et la hauteur a; la pression serait donc $\frac{a^2 p}{2}$. Si le vase était un cube, la pression totale sur les côtés serait $2\,a^3$ et la pression sur chaque côté $\frac{a^3}{2}$, ou moitié de la pression sur la base. Si c'était un cylindre dont le diamètre serait représenté par d, la pression latérale serait $a\,d^2 \times 1.57079$, et celle sur le fond serait $a\,d^2 \times 0{,}78539$.

5. Soient A B C D, *fig.* 19, *planc.* 2, la section verticale du vase, et A M M′ M″ une parabole; la longueur des ordonnées P M, P′ M′, P″ M″, donnera le rapport de la pression latérale au-dessus des points P P′ P″ respectivement.

Comme la pression sur chaque molécule d'un liquide en repos, est égale au

poids d'une colonne de ce liquide, dont la base serait la molécule, et la hauteur la distance de cette molécule au niveau du liquide; si nous appelons ces molécules p, p', p'', etc., et leur profondeur au-dessous du niveau d, d', d'', etc., respectivement, la pression sur chaque côté de toute tranche de liquide, verticale ou oblique, sera représentée par un poids du même liquide égal à $p \cdot d + p' \cdot d' + p'' \cdot d'' +$ etc. Cette formule représente aussi la pression qu'exerce sur les côtés du vase chaque tranche de liquide qui lui est contiguë. Mais si D est la distance du centre de gravité de toutes les molécules au niveau du liquide, c'est une propriété de ce point que $D \times (p + p' + p''$ $+$ etc.) est égal à $p \cdot d + p' \cdot d' + p'' \cdot d'' +$ etc.; et, comme $p + p' + p''$ etc. est l'aire ou la surface formée par tous les p, p', p'', etc., il s'ensuit que la pression sur toute surface verticale, oblique ou horizontale, plongée dans un liquide est égale à D fois cette surface, ou cette surface multipliée par la distance de son centre de gravité au niveau du liquide.

6. Il résulte de ce qui précède que la

pression sur les côtés, dont la largeur serait représentée par b, dans un vase rectangulaire, comme un cube ou un parallélipipède, à différentes profondeurs D, D′, D″; serait comme $b \times D \times \frac{D}{2}$, $b \times D' \times \frac{D'}{2}$, $b \times D'' \times \frac{D''}{2}$; ou comme D^2, D'^2, D''^2; c'est-à-dire, comme les carrés des profondeurs. En conséquence, si l'on trace une parabole dont l'axe soit le bord supérieur du vase A B T C, *fig.* 20, *pl.* 2, la pression sur le côté A T, au-dessus de P, sera comme l'ordonnée P M; sur la portion au-dessus de P′, comme l'ordonnée P′ M′, et enfin au-dessus de P″, comme l'ordonnée P″ M″.

7. Si un solide, dont la pesanteur spécifique serait S, était plongé dans deux liquides dont les pesanteurs spécifiques seraient différentes, G désignant celle du plus léger et G′ celle du plus pesant, ce corps flottera en équilibre, si la partie P, plongée dans le liquide le plus léger, est à la partie P′ plongée dans le plus lourd, comme $G' - S'$ est à $S - G$. En effet, le poids total du corps est $S \times (P + P')$, le poids du liquide déplacé par P est $G \times P'$, et celui du liquide déplacé par

P' est $G' \times P'$; de plus, comme le corps flotte et qu'il y a suspension de son poids, $G \times P + G' \times P' = S(P + P')$; donc $P \times (S - G) = P' \times (G' - S)$, et $P : P' :: G' - S : S - G$; ou $P : P + P' :: G' - S : G' - G$; donc la partie plongée dans le liquide le plus léger est à tout le solide comme la différence entre les pesanteurs spécifiques du solide et du liquide le plus lourd, est à la différence entre les pesanteurs spécifiques des deux liquides. Lorsque cette différence est très-grande, G peut être négligé, comme s'évanouissant dans le dernier terme de la proportion ; ou bien la partie du solide qui est hors du liquide est à tout le solide comme la différence entre les pesanteurs spécifiques du liquide et du solide, est à la pesanteur spécifique du liquide ; ou bien encore, puisque $P' : P + P' :: S : G'$ la partie plongée dans le liquide est à tout le solide, comme la pesanteur spécifique du solide est à celle du liquide ; et, de même, négligeant G dans la première proportion, $P : P' :: G' - S : S$; ou la partie hors du liquide est à la partie plongée, comme la différence entre les pesanteurs spéci-

fiques du solide et du liquide est à la pesanteur spécifique du solide.

8. On trouve le centre de pression sur un triangle quelconque ABC, *fig.* 21, *planche* 2, placé verticalement à la profondeur C W, au-dessous du niveau W R, de la manière suivante :

Soit A S = S B, et G S = $\frac{1}{2}$ G C, G sera le centre de gravité de A B C; et G M étant perpendiculaire à W R, la pression sur A B C sera égale au poids d'une colonne d'eau dont la base serait A B C et la hauteur G M; c'est-à-dire, égale à $CP \times AB \times \frac{GM}{2} \times g$; g étant la pesanteur spécifique de l'eau.

Tirez E F, parallèle à A B, et soit $WO = x$, $CW = a$, $CP = b$, $AB = c$, $GM = m$. Alors $CO = x - a$; $EF = \frac{c}{b} \times (x - a)$, et la pression sur $ABC = \frac{bc}{2} . mg$. De plus, d'après la propriété du centre de percussion, la distance du centre de percussion du triangle C E F au-dessous de W R est égale à l'in-

tégrale $\int\left(\frac{c}{b} \times (x-a)\, x^2\, dx\right)$; et intégrant, nous avons $\frac{c}{b}\left(\frac{x^4}{4}-\frac{a\,x^3}{3}\right)+$ *Const.* : cette quantité constante (puisque l'intégrale s'évanouit en C, ou lorsque $x-a=o$, c'est-à-dire, $x=a$) est $\frac{c\,a^4}{12\,b}$; de sorte que toute l'intégrale est $\frac{c}{b}\times\left(\frac{x^4}{4}-\frac{a\,x^3}{3}+\frac{a^4}{12}\right)$: et si nous prenons cette intégrale pour tout le triangle A B C, ou $x=a+b$, nous devons substituer $a+b$ à x et diviser par A B C × G M, c'est-à-dire, par $\frac{m\ b\ c}{2}$. Soit $a+b=d$, la distance devient $\frac{2}{m\ b^2}\times\left(\frac{d^4}{4}-\frac{a\,d^3}{3}+\frac{a^4}{12}\right)$.

Donc le centre de percussion est sur la ligne trouvée E F; mais si le triangle devait tourner autour de l'intersection de son plan, avec le plan de W R et frapper contre un plan, passant par E F, son mouvement serait détruit, les mouvemens des deux côtés opposés de cette

ligne se détruisant l'un l'autre ; donc la pression du liquide sur le triangle étant balancée par une pression égale et opposée sur la ligne E F, le triangle serait soutenu ; c'est-à-dire, que le centre de pression est sur la ligne E F.

Si le sommet du triangle est au niveau de l'eau, $a = o$, $d = b$, $m = \frac{2}{3} b$, et l'expression devient $\frac{3}{4} b$; alors le centre de pression est situé aux trois quarts de la profondeur de l'eau.

On peut trouver le centre de pression sur la ligne E F, c'est-à-dire, la distance de ce centre à C P par une méthode semblable. Cette distance est égale à $\frac{2 \tan. \Phi}{m b^2} \times \left(\frac{d^4}{4} - \frac{2}{3} a d^3 + \frac{a^2 d^2}{2} - \frac{a^4}{12} \right)$, Φ étant l'angle P C G. Lors donc que le triangle est isocèle et que le centre de gravité est sur C P, cette quantité s'évanouit et le centre de pression est en O, point d'intersection de C P et de E F, et lorsque le sommet du triangle touche

W R, l'expression devient $\frac{3}{4}b \times$ tan. .

Dans les deux formules exprimant la distance entre E F et W R et celle entre le centre de pression et C P on a pu remarquer que, dans la première, *c* s'évanouit pendant l'analyse. C'est pourquoi la distance entre E F et W R ne doit pas dépendre de la ligne A B. En d'autres termes, tous les triangles de même hauteur, et plongés à la même profondeur dans l'eau, ont leur centre de pression à la même profondeur au-dessous du niveau, quelles que soient leurs bases. Mais la dernière formule comprenant l'angle φ, la distance horizontale entre le centre de pression et la ligne verticale, dépend de la base du triangle, parce qu'elle détermine la position de G, centre de gravité.

Pour appliquer cette analyse à d'autres figures, la ligne E F $= n$ doit être trouvée en fonction de x ou de quantités données, et substituée dans l'expression différentielle $\frac{n\,x^2\,dx}{m}$ puis après avoir intégré, on divise par l'expression que fournit la figure. Par ce moyen on a la

profondeur de la ligne E F au-dessous de W R.

Pour trouver la distance du centre à C P sur E F, nous devons substituer, à n ou à E F, sa valeur en fonction de x, comme ci-dessus dans l'expression

$\frac{\tan. \varphi}{m} \times \int n \, (x - a) \, x \, dx$; puis intégrant, diviser l'intégrale par l'expression de la figure.

Ainsi, si la figure est un rectangle dont les côtés sont égaux à b et la base égale à c; et si le bord supérieur touche le niveau de l'eau, de sorte que $a = 0$, la première expression différentielle devient

$$\frac{c}{\frac{1}{2} b} \times x^2 \, dx,$$

dont l'intégrale est $\frac{2 \, c \, x^3}{3 \, b}$, et divisant par $b \, c$, surface de la figure, nous avons $\frac{2 \, x^3}{3 \, b^2}$ qui, pour tout le rectangle, lorsque $x = b$ devient $\frac{2}{3}$ b. La seconde expression différentielle devient

$$2 \tan. \phi\, c \times x^2 d x = o,$$

parce que le centre de gravité est sur l'axe et que $\phi = o$.

Si la figure est une parabole, dont le paramètre est p et le sommet au niveau de l'eau, $n = 2 \sqrt{p x}$, $m = \frac{3}{5} b$, et la surface $= \frac{2}{3} b c$; donc l'expression différentielle, pour la profondeur, est

$$\frac{2 \sqrt{p x}\; x^2 dx}{\frac{3}{5} b} = \frac{10 \sqrt{p}}{3 b} \times \frac{5}{x^2} d x$$

dont l'intégrale est $\frac{20}{21 b} \times x^3 \sqrt{p x}$;

et, lorsque $x = b$ divisant par $\frac{2}{3} b c$,

elle devient $\frac{10}{7} \frac{b \sqrt{p b}}{c}$, ou, comme

$\sqrt{p b} = \frac{c}{2}$, $\frac{5}{7} b$; donc elle est entièrement indépendante de la longueur de la base, ou de la valeur du paramètre. En conséquence, si un nombre infini de

paraboles avaient un même point pour sommet, leur centre commun de pression serait toujours aux $\frac{5}{7}$ de l'axe à partir du sommet.

Le même calcul et la même proposition peuvent s'appliquer à des paraboles de tous les ordres. $p^{e-1} y = x^e$; car, ici $n = \frac{2x^e}{p^{e-1}}$; $m = \frac{e+1}{e+2} b$; et la surface $= \frac{2b^{e+1}}{(e+1)p^{e-1}}$; et l'expression différencielle étant $\frac{2(c+2)x^{e+2}dx}{p^{e-1} \times (e+1)b}$, intégrant, substituant et réduisant, nous avons $\frac{e+2}{e+3} \times b$, pour la profondeur du centre de pression, expression entièrement indépendante du paramètre ou de la grandeur p.

CHAPITRE X.

OUVRAGES A CONSULTER SUR CETTE BRANCHE DE LA SCIENCE.

HYDROSTATIQUE EN GÉNÉRAL.

DOWNING. *Philosophie naturelle.*
'SGRAVESANDE. *Philosophie naturelle.*
NOLLET (l'abbé). *Leçons de Physique expérimentale.*
FERGUSON. *Leçons de Mécanique.*
DESAGULIERS. *Cours de Physique expérimentale.*
MUSCHENBROEK. *Philosophie naturelle.*
T. YOUNG. *Leçons de Philosophie naturelle.*
MILLINGTON. *Philosophie naturelle.*
O. GREGORY. *Mécanique.*

(Ces neuf ouvrages ne sont pas uniquement consacrés à l'*Hydrostatique*,

mais cette science forme une division de chacun d'eux, et y est traitée avec la plus grande clarté.)

PLAYFAIR. *Esquisses de Philosophie naturelle.*

M. YOUNG. *Esquisses de Philosophie naturelle.*

ROBISON. *Philosophie mécanique.*

LESLIE. *Esquisses de Philosophie naturelle.*

(Ces quatre ouvrages, comme les précédens, ne traitent pas uniquement de l'*Hydrostatique*, mais ils seraient sans utilité pour les commençans.)

BOYLE. Deux *Mémoires sur l'Hydrostatique*, insérés dans les *Transactions philosophiques* de 1665 et 1669.

PASCAL. *Traité de l'équilibre des liquides.*

MARIOTTE. *Mémoire sur l'Hydrostatique*, inséré dans les *Mémoires de l'Académie des sciences*, t. I.

— *De l'Equilibre des fluides*, ibid., t. II.

EULER. *Principes d'Hydrostatique*, insérés dans les *Mémoires de l'Académie de Berlin*, 1755.

— *Mémoires sur l'équilibre des fluides*, insérés dans les *Nouveaux Commentaires de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, vol. XIII, XIV et XV.

GULIEMINI. *Mémoires sur l'Hydrostatique*, insérés dans les *Mémoires de l'Académie de Bologne*, t. I.

MATUCCI. *Principes de Statique et d'Hydrostatique*, ibid., t. VI.

DELANGERS. *Statique des demi-fluides*, insérée dans les *Mémoires de la Société italienne*, t. IV.

BREWSTER. (*Encyclopédie du Docteur*) article *Hydrodynamique*.

FONTANA. *Mémoire sur la pression des fluides*, inséré dans les *Mémoires de la Société italienne*, t. II.

COTES. *Leçons d'Hydrostatique*.

EMERSON. *Traité d'Hydrostatique*.

PARKINSON. *Traité d'Hydrostatique*.

BOSSUT. *Traité d'Hydrodynamique*.

STATIQUE DES CORPS FLOTTANS.

BERNOUILLI. *Mémoire sur l'équilibre des corps flottans*, inséré dans les *Commentaires de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, t. X et XI.

PARENT. *Mémoire sur les corps flottans*, inséré dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1700.

BOUGNER. *Mémoire sur les oscillations des corps flottans*, ibid. 1755.

PILOT. *Théorie de la Manœuvre des vaisseaux*, ibid. 1731.

PAUL HORTI. *Théorie de la construction des vaisseaux.*

EULER. *Théorie complète de la construction et de la manœuvre des vaisseaux.*

ATWOOD. *Mémoire* inséré dans les *Transactions philosophiques de* 1796.

ATTRACTION CAPILLAIRE.

PASCAL. *Traité de l'équilibre des liquides.*

ROHAULT. *Traité de Physique.*

LAHIRE. *Mémoire* inséré dans les *Mémoires de l'Académie des sciences*, t. IX.

CARRÉ. *Expériences sur les Tubes capillaires*, ibid. 1705.

D. BERNOUILLI. *Mémoire* inséré dans les *Commentaires de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, 1727.

MARIOTTE. *Traité du Mouvement des liquides.*

COTES. *Leçons d'Hydrostatique.*

CAVENDISH. *Mémoire* inséré dans les *Transactions phylosophiques*, 1776.

MONGE. *Mémoire* inséré dans les *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1787.

WILSON. *Mémoire* inséré dans les *Transactions d'Edimbourg*, vol. IV.

LAPLACE. *Mécanique céleste.*

— *Supplément à la Théorie de l'attraction capillaire.*

BIOT. *Traité de Physique.*

BEUDANT. *Cours élémentaire des sciences physiques.*

INSTRUMENS ET APPAREILS D'HYDROSTATIQUE.

HUMBERG. *Mémoires sur les pesanteurs spécifiques*, inséré dans les *Mémoires de l'Académie des sciences*, vol. X.

IRWIN. *Mémoire sur les corps pesans*, inséré dans les *Transactions philosophiques*, 1721.

FAHREINHEIT. *Mémoire sur la pesanteur spécifique*, ibid. 1724.

SCHMEISSER. *Mémoire sur divers Appareils*, ibid. 1793.

ROBISON. (*Encyclopédie britannique*) article *Pesanteur spécifique*.

MONTIGNI. *Mémoire sur les Aréomètres*, inséré dans les *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1768.

LE ROI. *Mémoire sur les Aréomètres*, ibid. 1770.

BRISSON. *Mémoire sur son Aréomètre*, ibid. 1788.

SAN MARTINI. *Mémoire sur l'Aréomètre*, inséré dans les *Mémoires de la Société italienne*, t. VII.

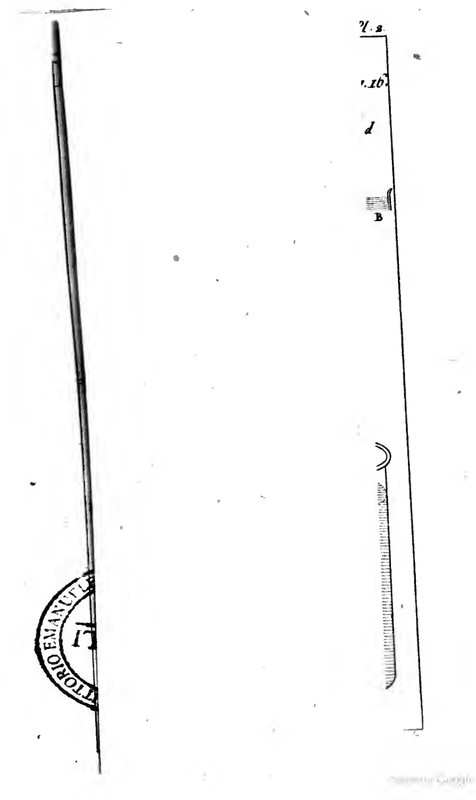
— *Mémoire sur l'Hydromètre*, inséré dans les *Transactions philosophiques*, 1790.

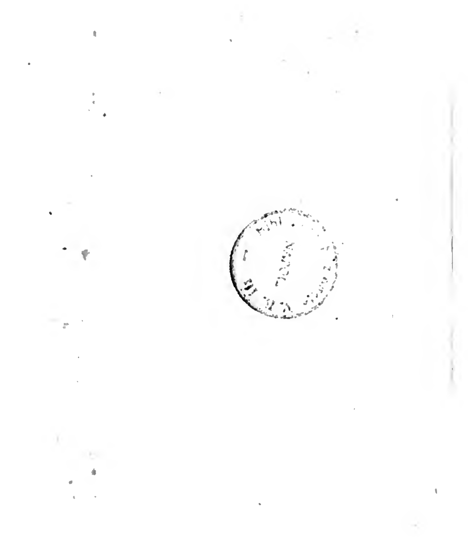
TABLE ANALYTIQUE

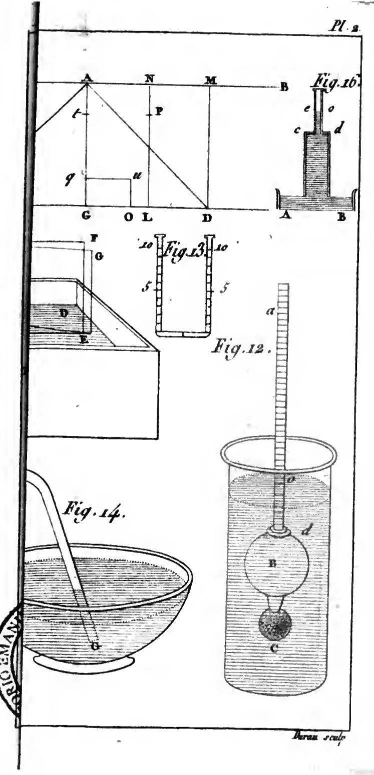
DES

MATIÈRES CONTENUES DANS LE TRAITÉ D'HYDROSTATIQUE.

FIN.


d
B




A
N
M
B
t
P
q
u
G
O
L
D
Fig. 16.
e
o
c
d
A
B
F
G
D
E
10
Fig. 13.
10
5
5
a
Fig. 12.
o
d
B
C
Fig. 14.
G
Duran sculp.


Nazionale
V. E.
NAPOLI






BIBLIOTECA